

Disseny i implementació d'un prototip de cerca i rescat

Treball Final de Grau



Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Treball realitzat per:

Bernat Muro Carceller

Jose Antonio Oliva Olmo

Dirigit per:

Rosa M^a Fernández Cantí

Grau en Tecnologies Marines

Barcelona, 9 de juliol del 2019

Departament: Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica
Industrial (ESAI)

Resum

Aquest projecte contempla la construcció d'un prototip funcional capaç de detectar objectes sobre el fons aquàtic, mitjançant l'acoblament d'una sonda nàutica. Aquesta realitza una exploració d'una àrea determinada, convertint els ultrasons en senyals elèctrics que es transmeten a distància per mostrar la imatge captada.

En primer lloc, es porta a terme un estudi de l'entorn i dels protocols d'actuació en situacions de cerca i rescat de cossos o objectes desapareguts.

A continuació es profunditza en cadascun dels components que conformen la base del prototip, així com els materials emprats en la construcció. Pel que fa als components, es realitza una investigació per determinar els més adients en el desenvolupament de les seves funcions.

El procés de construcció esta dividit en 3 fases. Cadascuna d'elles comprèn el muntatge d'un prototip de diferents formes i materials, amb l'objectiu de millorar i assolir un mètode cada cop més senzill i eficient.

Per verificar l'èxit de la construcció dels prototips, s'han dut a terme proves d'aigua amb diferents resultats al comprovar la flotabilitat i la viabilitat del prototip, assentant les bases per a possibles millores de futur.

Abstract

This project contemplates the construction of a functional protection that will allow to detect objects on the aquatic bottom, by means of the assembly of a nautical probe. This version performs an exploration of a determinated area, turning the ultrasound into electrical signals that transmit a distance to show the captured image.

First of all, a study of the environment and the protocols of action in situations of application and the establishment of missing resources or objects are carried on.

Then, each component that conforms the base of the prototype, as well as the materials used in the construction, advance and each one. Regarding the components, an investigation is carried out to determine which one is the most appropriate in the development of its functions.

The construction process is divided into 3 phases. Each one of them adapts to the assembly of a protection of different forms and materials, with the aim of improving and achieving an increasingly simple and efficient method.

To verify the existence of the construction of the prototypes, a result of a strategy with different results has been carried out to verify the buoyancy and viability of the prototype, laying the foundations for a possible future.

Agraïments

Agrair a la família i amics el suport durant la realització del projecte, els ànims i consells que han aportat i tot l'afecte que han mostrat tant en els bons moments com els més difícils.

A tots els professors de la Facultat Nàutica de Barcelona que s'han interessat per nosaltres i especialment a la nostre tutora del treball Rosa M^a Fernández Cantí per la motivació i les ganes que ha posat per ajudar-nos i guiar-nos a través de tot el procés.

Donar les gràcies també a la botiga de radio control de Barcelona RC tècnics i a la de Sabadell Hobbyplay per orientar-nos i assessorar-nos, aportant idees i recursos en tot el tema de radio control.

Índex

Resum.....	ii
Abstract	iii
Agraïments	iv
Índex.....	v
Índex de figures.....	viii
Índex de Taules.....	xii
Capítol 1. Introducció	1
1.1 Motivació.....	1
1.2 Objectiu del treball.....	2
1.3 Organització de la memòria	3
Capítol 2. Context i aplicació dels prototips de rescat	4
2.1 Inundacions	4
2.2 Canvi climàtic	5
2.3 Protocols de rescat.....	8
2.4 Riscos laborals	10
Capítol 3. Propulsió	13
3.1 Tipus de propulsió	13
3.1.1 Motors de gasolina o d'explosió en radio control.....	13
3.1.2 Motors elèctrics.....	14
3.1.3 Hidrojet/ Water-jet	19
3.2 Selecció d'un motor elèctric.....	20
Capítol 4. Elecció de bateria	23
4.1 Piles	23
4.1.1 Principi de funcionament	24
4.1.2 Tipus de piles.....	26
4.1.3 Efecte memòria	28
4.1.4 Desavantatges que presenten les piles.....	30
4.2 Bateries	33
4.2.1 Capacitat.....	37
4.2.2 Voltatge	39
4.2.3 Taxa de descàrrega.....	39
4.2.4 Taxa de càrrega	40

4.2.5	Manteniment	41
4.2.6	Passivació	42
4.3	Selecció final.....	42
Capítol 5. Sonda		45
5.1	Funcionament	45
5.2	Característiques.....	46
5.2.1	Freqüència.....	46
5.2.2	Diplojer	47
5.2.3	Potència.....	47
5.2.4	Angle de visió	48
5.2.5	Problemes.....	48
5.2.6	Aspectes a tenir en compte.....	49
5.3	Sonda LUCKY LAKER FF918-CWLS	49
Capítol 6. Components del circuit de control		50
6.1	Conjunt transmissor/receptor de radiofreqüència	50
6.2	Receptor	52
6.3	Controls, pantalla i configuració	54
6.4	Connectors	58
6.5	Regulador de velocitat	61
6.6	Càmera FPV	64
6.7	Receptors FPV	67
Capítol 7. Construcció del primer prototip i proves experimentals.....		71
7.1	Característiques principals del model experimental 1.....	71
7.2	Components del circuit de navegació primer prototip	71
7.3	Materials per a la confecció	75
7.4	Circuit de components de control.....	81
7.5	Fases del muntatge del primer prototip	82
7.5.1	Construcció del casc	82
7.5.2	Muntatge de la propulsió i components de navegació	89
7.6	Proves experimentals amb el primer prototip.....	93
7.6.1	Primera prova: Avarada del monocasc	93
7.6.2	Segona prova: instal·lació del propulsor	95
7.6.3	Tercera prova: Comprovació del funcionament del timó	97
7.6.4	Quarta prova: Millora del timó	98
7.7	Valoració global del primer prototip.....	99

Capítol 8. Construcció del segon prototip i proves experimentals	100
8.1 Característiques principals	100
8.2 Principals modificacions	100
8.3 Materials de construcció	102
8.4 Circuit de components de control.....	107
8.5 Fases del muntatge del segon prototip.....	108
8.6 Proves experimentals amb el segon prototip	114
8.6.1 Primera prova: estructuració de la base més avarada	114
8.6.2 Segona prova: Modificació estructural i comportament en navegació	114
8.6.3 Tercera prova: Desplaçament en llast i comportament en navegació.....	116
8.6.4 Quarta prova: Augment superficial de flotació	117
8.6.5 Cinquena prova: Acoplament de la propulsió i navegació	118
8.7 Disseny final	119
8.8 Valoració global del segon prototip	121
Capítol 9. Construcció del tercer prototip i proves experimentals	122
9.1 Característiques principals	122
9.2 Circuit de components de control.....	122
9.3 Fases de muntatge del tercer prototip	123
9.4 Elaboració de l'estructura	124
9.5 Construcció del compartiment.....	125
9.6 Suport de la càmera	126
9.7 Suport de la sonda.....	127
9.8 Canvi de ressort del comandament RC	127
9.9 Proves experimentals del tercer prototip	129
9.9.1 Primera prova d'aigua: Flotació	129
9.9.2 Segona prova d'aigua: Propulsió.....	130
9.9.3 Tercera prova d'aigua: Funcionament sonda.....	130
9.9.4 Quarta prova d'aigua: operativitat completa	130
9.10 Disseny final	132
9.11 Valoració global del tercer prototip	134
Capítol 10. Pressupost.....	135
Capítol 11. Conclusions i línies futures.....	138
Bibliografia i referències	141

Índex de figures

Figura 1. Exemples: (a) X-range viper de Carpdien [62]. (b) GigaBathy200 de Heliceo [63]	1
Figura 2. Numero d'inundacions per any (període 1488-2011) a Catalunya [6]	5
Figura 3. Estacionalitat dels episodis (període 1488-2011) a Catalunya [6]	6
Figura 4. Nombre d'inundacions per any durant el període 1900-2006 a Catalunya [7]	6
Figura 5. Canvi de la precipitació mitjana anual (2081-2100) a nivell mundial [1]	7
Figura 6. motor de combustió interna d'avió [49]	13
Figura 7. Comparació motors de 2 i 4 temps [39]	14
Figura 8. Esquema magnetització [38]	15
Figura 9. Canvi de sentit corrent [41]	16
Figura 10. Motors Brushless vs Brushed - font [47]	18
Figura 11. Comparació motors brushed i brushless [47]	18
Figura 12. recorregut fluid dins un hidro jet [48]	19
Figura 13. Pila [25]	23
Figura 14. Composició pila [26]	24
Figura 15. procés químic pila (1) [25]	25
Figura 16. Procés químic pila (2) - [25]	25
Figura 17. Procés químic pila (3) [25]	26
Figura 18. Explicació fenomen de l'electroquímica [25]	26
Figura 19. piles no recarregables [28]	27
Figura 20. Esquema efecte memòria [31]	29
Figura 21. Gràfic temperatura capacitat d'una bateria	30
Figura 22. Representació Multisim simulant la connexió de les 8 piles (Font - pròpia)	33
Figura 23. Bateria cel·les en sèrie [25]	33
Figura 24. Bateria NiCD [29]	34
Figura 25. Bateria de NiMH [37]	35
Figura 26. Representació interior d'una pila [30]	36
Figura 27. Bateria LiPo de 850 mAh [37]	38
Figura 28. Display bateria LiPo [37]	41
Figura 29. Connector balancejador [37]	41
Figura 30. Bateria plom-àcid sulfúric [37]	44
Figura 31. Diferència de resolució, imatge de l'esquerra a 200 KHz i dreta 455KHz [57]	47
Figura 32. Diferència angle d'emissió [57]	48
Figura 33. Monitor i sonda Lucky Laker FF918-CWLS [37]	49
Figura 34 Representació gràfica de l'ona de freqüència [56]	51
Figura 35. Emissora FSx6i i receptor [37]	52
Figura 36. Receptor RC amb el connector d'emparellament [37]	52
Figura 37. Connexions receptor més el pont de vinculació [37]	53
Figura 38. Receptor en el moment de la vinculació mitjançant el pont [37]	53
Figura 39. Comandament RC FlySky més funcions [55]	54
Figura 40. Pantalla principal del comandament RC (Font - pròpia)	55
Figura 41. Icones de nivell de bateries (Font - pròpia)	55
Figura 42. Visualització voltatge transmissor (Font - pròpia)	55
Figura 43. Nom del prototip (Font - pròpia)	55

Figura 44. Menus principals de configuració (Font - pròpia)	55
Figura 45. Paràmetres menu del sistema (Font - pròpia).....	56
Figura 46. Configuracions del receptor (Font - pròpia).....	56
Figura 47. Menus de funcions (Font - pròpia).....	56
Figura 48. Configuració de reversió dels canals (Font - pròpia).....	57
Figura 49. Rangs de percentatge dels canals (Font - pròpia)	57
Figura 50. Pantalla de control d'activació dels canals (Font - pròpia).....	57
Figura 51. Panell d'assignació de canals als actuadors (Font - pròpia)	57
Figura 52. Regulació del trimatge dels canals (Font - pròpia).....	58
Figura 53. Corbes d'actuació en la regulació de la potencia (Font - pròpia)	58
Figura 54. Connector T-DEAN [37]	59
Figura 55. Connectors XT60 [37]	59
Figura 56. Connector cilíndric[37]	60
Figura 57. Connector fàston [37].....	60
Figura 58. Connector balancejador [37]	61
Figura 59. regulador Electronic Speed Controller o ESC [37]	61
Figura 60. Simulació circuit intern regulador (Font – pròpia)	62
Figura 61. Característiques tècniques del regulador[37].....	62
Figura 62. Connectors de sortida als motors (ESC) [37]	63
Figura 63. Connector d'entrada de tensió de la bateria [37]	63
Figura 64. Connector sortida BEC [37]	63
Figura 65. Interruptor ON/OFF [37]	63
Figura 66. Micro càmera fpv amb antena i emissor [37]	64
Figura 67. Comparativa entre augment de freqüència i reducció de longitud d'ona [65].....	65
Figura 68. Dimensions càmera fpv "HankerMall" [37]	66
Figura 69. Components d'un sistema FPV [59].....	66
Figura 70. Transmissor de càmera FPV i sistema d'actuació [37]	67
Figura 71 Receptor de la càmera FPV [37]	67
Figura 72. Antena multidireccional i antena unidireccional [60]	68
Figura 73. Recepció de vídeo per ordinador (Font - pròpia)	69
Figura 74. Recepció de vídeo per Realitat Virtual (Font - pròpia).....	69
Figura 75. Receptor connectat al mòbil (Font - pròpia).....	70
Figura 76. Tub espirocristal (Font - pròpia)	71
Figura 77. Mànegua (Font: pròpia).....	72
Figura 78. Aïllament per cola termofusible sortida bomba (Font: pròpia)	72
Figura 79. Parts del servomotor [58].....	73
Figura 80. Timó RC [37]	74
Figura 81. Transmissió servo-timó per mitjà de filferro (Font - pròpia)	74
Figura 82. Cartró [37].....	75
Figura 83. Cola termofusible [34]	75
Figura 84. Cartró ploma o escuma foam [36].....	76
Figura 85. Fibra de vidre (Font - pròpia)	77
Figura 86. resina de polièster (Font - pròpia).....	77
Figura 87. Massilla (Font - pròpia).....	78
Figura 88. Fulles de vidre [36]	79
Figura 89. Imprimació (Font - pròpia)	79
Figura 90. Pintura (Font - pròpia).....	80

Figura 91. Vernís (Font - pròpia)	80
Figura 92. Circuit de control primer prototip (Font - pròpia).....	81
Figura 93. Part quilla del casc (font pròpia)	83
Figura 94. parts laterals i central del casc (Font - pròpia)	83
Figura 95. Unió del cartró (font – pròpia)	83
Figura 96. Motlle cartró (font – pròpia)	84
Figura 97. Aplicació fibra de vidre (font – pròpia).....	84
Figura 98. Aplicació resina (font – pròpia)	85
Figura 99. Resultat de la massilla seca (font – pròpia).....	85
Figura 100. Poliment amb paper de vidre (font – pròpia)	86
Figura 101. Imprimació (font – pròpia)	86
Figura 102. Aresta polida (font – pròpia)	87
Figura 103. Imprimació i pintura 1 (font – pròpia).....	87
Figura 104. Imprimació i pintura 2 (font – pròpia).....	87
Figura 105. Aplicació del vernís (font – pròpia)	88
Figura 106. Material i eines per la construcció de la caixa (font – pròpia)	88
Figura 107. Aplicació goma EVA part lateral (font – pròpia).....	88
Figura 108. Aplicació goma EVA part popa (font – pròpia).....	89
Figura 109. Obertura sortida bomba (font – pròpia)	89
Figura 110. Entrada i sortida sistema propulsor (font – pròpia).....	90
Figura 111. Aïllament de les obertures (font – pròpia).....	90
Figura 112. Connexió mànega (font – pròpia)	91
Figura 113. Suport pel servo (font – pròpia)	91
Figura 114. Detall limit de gir del servo (font – pròpia)	92
Figura 115. Detall instal·lació servo (font – pròpia)	92
Figura 116. Detall transmissió servo – timó (font – pròpia)	93
Figura 117. Prova de flotabilitat amb pes 1 (font – pròpia).....	94
Figura 118. Prova de flotabilitat amb pes 2 (font – pròpia).....	94
Figura 119 Prova caixa per prototip 1 (font – pròpia).....	95
Figura 120. disposició prototip 1 (font – pròpia)	95
Figura 121. Sortida de la bomba sense colze (font – pròpia).....	96
Figura 122. Prova amb timó modificat (font – pròpia).....	96
Figura 123. Sortida de la bomba amb colze (font – pròpia).....	97
Figura 124. Primera modificació del timó (font – pròpia).....	97
Figura 125. Segona modificació del timó (font – pròpia).....	98
Figura 126. Tipus de connexions de PVC [35]	101
Figura 127. Tubs de PVC [36]	102
Figura 128. Colze de 45º de PVC [36]	103
Figura 129. Colze de 90º de PVC [36]	103
Figura 130. Te de 90º de PVC [36]	104
Figura 131. Tap i connector de PVC [36]	104
Figura 132. Làmines de poliestirè [36]	105
Figura 133 Adhesiu de PVC marca ceys [36]	106
Figura 134. Càmbra de neumàtic retallada (Font - pròpia).....	106
Figura 135. Rotlle de tefló [36]	107
Figura 136. Circuit de control del segon prototip (Font - pròpia).....	108
Figura 137. Presentació dels connectors abans de l'acoblament (Font - pròpia).....	108

Figura 138. Primera estimació d'estructuració(Font - pròpia)	109
Figura 139. Connexionat amb tefló (Font - pròpia).....	109
Figura 140. Retall amb cúter sobre el poliestirè (Font - pròpia)	110
Figura 141. compartiment finalitzat (Font - pròpia)	110
Figura 142. Tap amb les perforacions per el motor (Font - pròpia).....	111
Figura 143. Motor amb el suport acoblat (Font - pròpia)	111
Figura 144. Connector de PVC amb el motor instal·lat (Font - pròpia).....	112
Figura 145. Vista del acoblament motor-proplusor (Font - pròpia).....	112
Figura 146. Treballs realitzats sobre la protecció del propulsor (Font - pròpia).....	112
Figura 147. Juntres neumàtiques per les proteccions del propulsor (Font - pròpia)	113
Figura 148. Conjunt de peces abans de consolidar la protecció (Font - pròpia).....	113
Figura 149. Resultat final del conjunt propulsor (Font - pròpia).....	113
Figura 150. Primera avarada (Font - pròpia)	114
Figura 151. Segona confecció de l'estructura (Font - pròpia)	115
Figura 152. Base preparada per l'avarada (Font - pròpia)	115
Figura 153. Prova de flotació i navegació (Font - pròpia)	116
Figura 154. Simulació de flotació amb pes afegit (Font - pròpia)	116
Figura 155. Comprovació de la modificació estructural en flotació (Font - pròpia)	117
Figura 156. Estructura final amb els reforços transversals(Font - pròpia).....	117
Figura 157. Unió entre part propulsora i estructura (Font - pròpia).....	118
Figura 158. prototip amb compartiment acoblat (Font - pròpia)	118
Figura 159. Prova final de navegació amb reforç per augmentar la flotació (Font - pròpia)....	119
Figura 160. Representació en 3D del segon prototip (Font - pròpia)	119
Figura 161. Disseny gràfic segon prototip (Font - pròpia).....	120
Figura 162. Circuit de control de navegació del prototip final (Font - pròpia)	123
Figura 163. Peces tercer prototips (Font - pròpia).....	123
Figura 164. connexions penjades preparades per pintar (Font - pròpia)	124
Figura 165. Connexions pintades i llestes per assemblar (Font - pròpia)	124
Figura 166. escalfament del colze i assemblatge estructura (Font - pròpia	125
Figura 167. Retall per confeccionar el compartiment (Font - pròpia).....	125
Figura 168. Bisos fixes part frontal caixa pel suport càmera (Font - pròpia)	126
Figura 169. Forats Suport càmera (Font - pròpia).....	126
Figura 170. Suport sonda (Font - pròpia)	127
Figura 171. circuit electrònic interior comandament RC (Font - pròpia).....	128
Figura 172. Vista interior del comandament del joystick (Font - pròpia)	128
Figura 173. Vista posterior comandament RC (Font - pròpia)	129
Figura 174. Primera prova del tercer prototip (Font - pròpia).....	129
Figura 175. Entrada d'aigua en la capsula dels hidrojets (Font - pròpia).....	130
Figura 176. Maletí amb comandament RC, monitor sonda i bateria (Font - pròpia)	131
Figura 177. Recepció d'imatge de la càmera al mòbil (Font - pròpia)	131
Figura 178. Representació en 3D (Font - pròpia)	132
Figura 179. Representació explosionada (Font - pròpia)	132
Figura 180. Dibuix Gràfic (Font - pròpia).....	133
Figura 181. Evolució de la construcció del projecte (Font - pròpia)	138
Figura 182. Prototip final amb maletins de transport de components (Font - pròpia)	139
Figura 183. Muntatge dels components sobre l'estructura i maletí de control (Font - pròpia)	140

Índex de Taules

Taula 1. Visió general dels canvis regionals relacionats amb els seus fenòmens climàtics [1] ..	8
<i>Taula 2. Comparativa sistemes de propulsió [50]</i>	<i>21</i>
<i>Taula 3. Comparativa motors Brushed vs Brushless [40]</i>	<i>22</i>
Taula 4. Exemple piles de NiCd [18]	28
Taula 5. Consum d'una bateria (Font - pròpia).....	32
Taula 6. Consum total a velocitat màxima (Font - pròpia)	32
Taula 7. Característiques segons angles d'emissió [57]	48
Taula 8. Pressupost comú (Font - pròpia)	135
Taula 9. Pressupost prototip 1 (Font - pròpia)	136
Taula 10. Pressupost prototip 2 (Font - pròpia)	136
Taula 11. Pressupost prototip 3 (Font - pròpia)	137

Capítol 1.Introducció

1.1 Motivació

La idea d'aquest projecte ha estat motivada per l'afany de trobar una eina eficaç, capaç de resoldre problemes en l'àmbit de cerca i rescat marítim. Això ve propiciat per l'increment de les catàstrofes climàtiques i les recents notícies de desaparicions de persones i objectes en inundacions i riudes. Els dispositius despleats sobre aquests casos han estat la base per al desenvolupament d'un prototip que disminueixi els temps d'actuació i faciliti les funcions dels equips de salvament.

Actualment, els *drons* han demostrat tenir un gran ventall d'aplicacions tant a nivell d'entreteniment com de serveis. Així doncs, es poden trobar diferents models de *drons*, com ara aquàtics, utilitzats en l'àmbit marí destinats a realitzar diverses tasques, ja sigui a nivell de pesca no professional com els *baitboats* [62] [Figura 1](a)), barques de radio control, o altres utilitzats en l'estudi de l'aigua, ja sigui per analitzar-la, mesurar la profunditat o realitzar funcions de vigilància [Figura 1](b)).



(a)



(b)

Figura 1. Exemples: (a) X-range viper de Carpdien [62]. (b) GigaBathy200 de Helicea [63]

El cas considerat en el present treball és el rescat en situacions d'inundació. En aquestes situacions, l'ús de prototips com el que es desenvoluparà en el projecte presenta molts avantatges respecte l'aplicació del protocol de l'equip d'intervenció de cerca i rescat dels cossos especials com ara el cost econòmic, la logística i la formació.

Els materials utilitzats no són difícils d'aconseguir, fet que permet reduir el cost; la formació necessària per operar amb un dispositiu com aquest no requereix d'estudis especialitzats ni la superació de proves físiques, com les d'un submarinista; així com el dispositiu pot romandre guardat en un espai reduït i és fàcilment transportable sense la necessitat de cap permís d'ús.

1.2 Objectiu del treball

L'objectiu d'aquest projecte és la modelació i construcció d'un prototip acord amb les funcions i característiques actuals d'un *dron* per solventar les dificultats en la localització de qualsevol cos al medi aquàtic. A partir de les capacitats i els coneixements adquirits al Grau es porta a terme una investigació i una implementació de diferents components electrònics que el faran funcional.

El disseny és fabricar un prototip funcional capaç de detectar i mostrar en un monitor qualsevol forma i objecte que es pugui trobar en el fons d'una extensió d'aigües tranquil·les i poc salines amb una profunditat que no excedeixi la capacitat de la sonda i a una distància que permeti ser controlat remotament per mitjà de ràdio freqüència.

Altres especificacions del prototip són: que estigui construït amb materials de fàcil obtenció, que la construcció sigui fàcil de dur a terme sense grans coneixements, que sigui fàcil de dirigir, i que es pugui transportar sense dificultat

Els objectius específics són:

- Evidenciar la creixent necessitat d'aquest tipus d'embarcacions estudiant els protocols de rescat en casos d'inundacions.
- Determinar les especificacions (mida, funcionalitat, autonomia) que ha de satisfer el prototip.
- Fer un estudi sobre els components electrònics necessaris perquè el prototip sigui funcional. Analitzar cada component, les seves característiques i es fer una comparació per seleccionar el més adient per al projecte.
- Elaborar la memòria del projecte de forma extensa i detallada per proporcionar la màxima informació en forma de guia o manual per generar una base per desenvolupar futurs projectes
- Dividir la fase de construcció en dues parts: un prototip funcional i un prototip de millora. En primer lloc, dissenyar un primer prototip amb materials econòmics i una única propulsió per estudiar els punts dèbils i punts forts del disseny i la construcció, comprovant quins resultats s'adapten millor a l'objectiu. En segon lloc, realitzar les millores rellevants per aconseguir minimitzar els costos i augmentar l'efectivitat.
- Un cop s'hagi dissenyat, muntat i posat a prova la primera fase es procedirà a la segona fase, consistent en el disseny i construcció del dispositiu definitiu aplicant els coneixements apresos prèviament i perfeccionar els detalls.
- Realitzar proves experimentals i extreure conclusions sobre el comportament del prototip.
- Elaborar un pressupost detallat del prototip.
- Estudiar les possibles millores o alternatives per a la continuïtat del projecte

1.3 Organització de la memòria

La present memòria està organitzada de la manera següent:

En el Capítol 2, *Context i aplicació dels prototips de rescat*, es presenta una panoràmica sobre la problemàtica de les inundacions com efecte del canvi climàtic global i els protocols de rescat en aquestes situacions.

En el Capítol 3, *Propulsió*, es realitza un estudi dels diferents tipus de propulsions que es poden aplicar al prototip.

En el Capítol 4, *Elecció de bateria*, s'analitza el concepte de les bateries i les diferències en les seves propietats, especificant els avantatges i desavantatges que presenten cadascuna d'elles i seleccionant la més adequada per implementar.

En el Capítol 5, *Sonda*, s'estudien les característiques principals de les sondes, així com el seu comportament i funcionament.

En el Capítol 6, *Components del circuit de control*, es desglossa les funcions i especificacions de cada component electrònic per a la navegació mitjançant el control per ràdio freqüència.

El Capítol 7, *Construcció del primer prototip i proves experimentals*, està dedicat a la construcció i valoració del primer prototip. Es presenten els principals components i materials utilitzats, es descriu la construcció i assemblatge de la instrumentació i es descriuen les proves experimentals realitzades.

En el Capítol 8, *Construcció del segon prototip i proves experimentals*, es descriu l'elaboració del segon prototip aplicant les millores observades a partir del primer model.

En el Capítol 9, *Construcció del tercer prototip i proves experimentals*, es du a terme l'assemblatge del prototip final modificant els aspectes constructius i de funcionament detectats en el model anterior.

En el Capítol 10, *Pressupost*, es presenta el pressupost global del projecte, dividit en pressupost comú i de cadascun dels tres prototips desenvolupats.

Finalment, en el Capítol 11, *Conclusions i línies de futur*, es llisten les principals conclusions del projecte i es proposen algunes millores com a treball futur.

Capítol 2. Context i aplicació dels prototips de rescat

La idea principal que ens va portar a desenvolupar un prototip amb aquesta finalitat tant específica de buscar persones sota l'aigua ve donada pel ressò mediàtic que van provocar els casos de desaparicions en el pantà de Susqueda [9].

A partir d'aquí la idea va desencadenar a la construcció d'un prototip de cerca en casos d'emergència. Aquests casos sobretot podrien ser causats per inundacions, en aquest capítol es vol contextualitzar l'ús i es dur a terme un estudi sobre l'evolució al llarg dels anys i observar la tendència creixent, aprofundint en les variables que poden influir en aquesta evolució. Per altra banda un altre aspecte relacionat amb les esmentades inundacions i que s'ha de tenir en compte i que a més a més afecta a nivell global és el canvi climàtic.

2.1 Inundacions

Pel que fa a nivell nacional, a Espanya es poden diferenciar de forma molt general tres zones climatològiques: atlàntica, mediterrània i continental. Això es conseqüència de les condicions meteorològiques que dominen en la circulació general atmosfèrica, i de la variada topografia que influeix de forma notable en el desenvolupament de zones de característiques molt diferents dins un context general. Aquesta diversitat climatològica de la Península dóna lloc a que les precipitacions presentin una gran variabilitat en quant a intensitat i la seva distribució espacial i temporal. Unit a la diversitat geomorfològica que conforma el nostre país comporta que es produeixin situacions d'emergència greus provocades per les inundacions.

Una inundació és l'ocupació per part de l'aigua de zones que habitualment estan lliures d'aquesta. En detall, es tracta de la submersió temporal de terrenys normalment secs, com a conseqüència de l'aportació inusual i més o menys sobtada d'una quantitat d'aigua superior a la que pot drenar una llera.

Les inundacions poden ser segons el *"Pla Estatal de Protecció Civil Davant de Risc d'Inundacions"* (PEPCDRI) [8].

- a) Inundacions per precipitació «in situ».

Té lloc en planes i en zones endorreiques amb pluges abundants i intenses. El terreny no absorbeix l'aigua amb suficient rapidesa i es produeix l'acumulació d'aquesta.

- b) Inundacions per escorrentia o desbordament de la llera:

Provocada o potenciada per precipitacions, desglaç o fusió de la neu, obstruccions de les lleres naturals o artificials, invasió de lleres, aterraments o dificultat de drenatge i acció de les marees. En aquest cas el riu no pot contenir el volum d'aigua que suporta i es desborda en els seus marges.

- c) Inundacions per trencament o la operació incorrecta d'obres d'infraestructures hidràuliques.

En aquestes situacions poden donar-se enfonsaments, destrucció accidental de canalitzacions, preses... que en el període de crescuda poden generar inundacions d'aigües baixes.

- d) Inundacions per accions del mar

Si coincideix la plenamar amb la punta d'avinguda, el cabal no té temps per evacuar i es produeixen inundacions.

2.2 Canvi climàtic

Segons estudis del Grup Intergovernamental d'Experts en el Canvi Climàtic (IPPC per les seves sigles en anglès) el canvi climàtic està provocant alteracions en la climatologia a nivell mundial entre altres fenòmens l'augment de la temperatura (imatge). Aquests canvi en les temperatures junt amb les característiques pròpies del territori català a nivell climàtic, orogràfic i hidrològic afectaran a les precipitacions, que poden augmentar en mesos d'hivern i disminuir en èpoques més càlides. Tot i que es redueixin les pluges, les probabilitats de que augmentin els aiguats extrems es augmentarà produint inundacions, desbordaments torrencials en diferents regions.

A nivell estatal i regional

Per començar centrarem l'estudi en el mercat més immediat que serà a àmbit regional i nacional. Primerament segons els gràfic que ens mostren les dades recopilades des del 1488 al 2010 a Catalunya, es pot observar l'augment de les inundacions al llarg del segle XX i fent referencia a com els mesos de tardor (setembre, octubre i novembre) és el període on es produeixen més precipitacions. Es pot observar una tendència ascendent que en els darrers anys ha augmentat la temperatura mitjana i també el numero d'inundacions

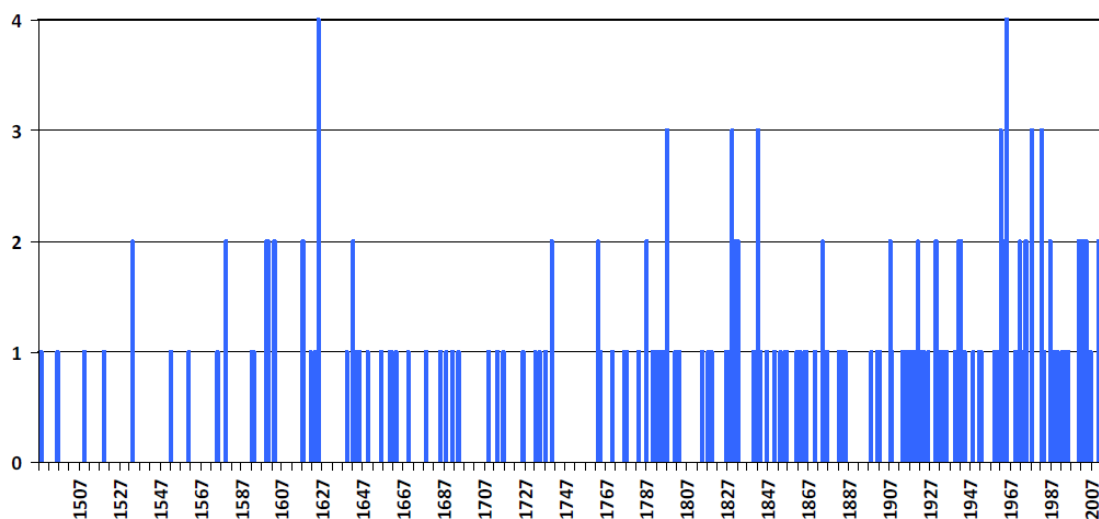


Figura 2. Numero d'inundacions per any (període 1488-2011) a Catalunya [6]

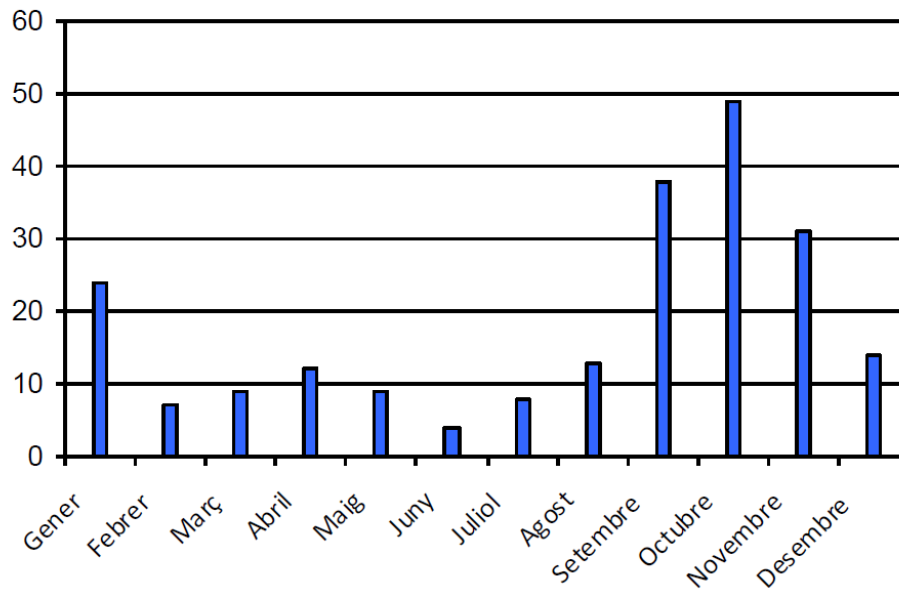


Figura 3. Estacionalitat dels episodis (període 1488-2011) a Catalunya [6]

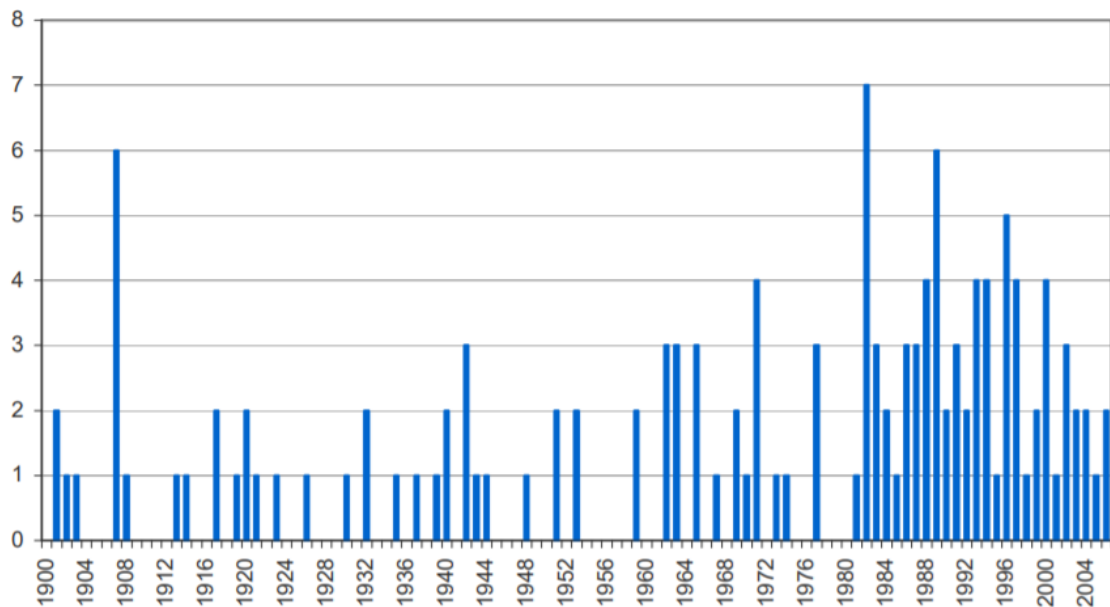


Figura 4. Nombre d'inundacions per any durant el període 1900-2006 a Catalunya [7]

Segons el gràfic anterior es pot percebre que la freqüència anual ens els darrers anys ha augmentat respecte a la freqüència de principis de segle, tot i que cal destacar que aquest augment es produeix pel fet de poder disposar de més informació i dades dels darrers anys i l'expansió de les regions habitades situant-se en zones amb alt nivell de possibilitat d'inundació.

A nivell mundial

A nivell global segons els últims estudis de l'IPCC de 2013 que prenen dades al llarg dels anys i han fet estimacions futures, preveient diferents escenaris. L'augment de la temperatura provoca un augment de les precipitacions, hi haurà zones i regions que experimentaran pujades, altres baixades i altres que no patiran cap canvi. Conforme augmenta la temperatura, s'aguditza el contrast de la precipitació mitjana anual entre regions seques i les humides i el contrast entre estacions humides i la seca en la major part del món. És probable que es puguin ocasionar més tempestes individuals intenses i menys tempestes dèbils i el fet d'un món més càlid les latituds mitjanes i regions tropicals humides es produeixin episodis de precipitació extremes mes intenses i freqüents. [1]

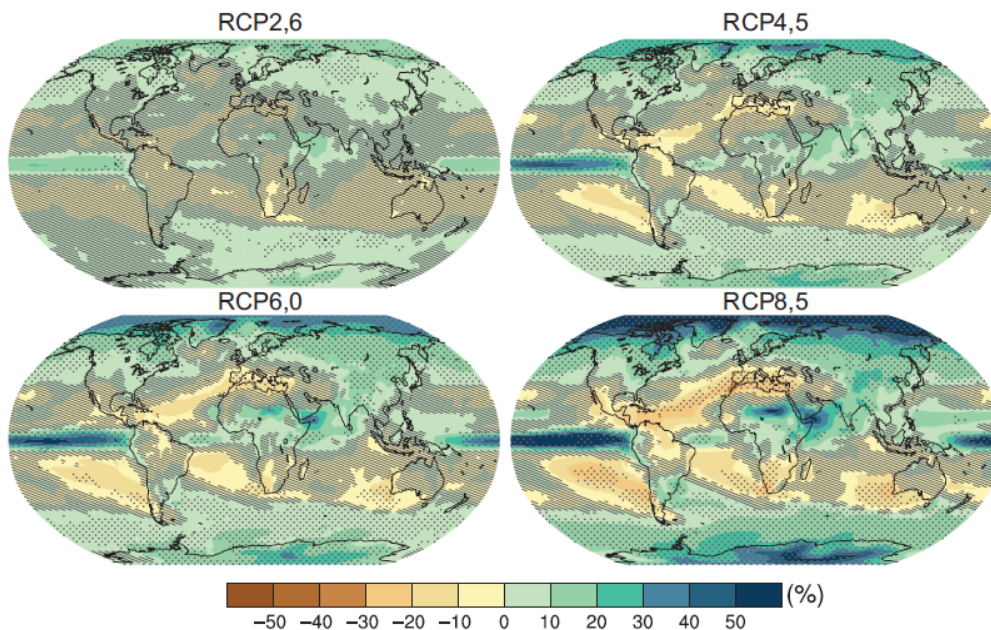


Figura 5. Canvi de la precipitació mitjana anual (2081-2100) a nivell mundial [1]

Els mapes son diferents representacions segons l'augment de la temperatura mitjana que van des de 1 a 3.7 ° C i la probabilitat que tinguin de succeir, extrets a partir de múltiples models i simulacions

Tot i que l'evolució de la climatologia afecta sobretot a la temperatura, aquest fet acaba desembocant en un augment en la freqüència d'episodis de climes extrems, combinant períodes de precipitacions intenses i períodes de sèquia segons la regió. Tot i això, aquesta tendència és difícil de demostrar degut a la falta d'evidències i documentació segons informe de canvi climàtic de 2013 de l' IPCC.

Regiones	Principales cambios proyectados en relación con los fenómenos climáticos
Ártico (14.8.2)	Cambios en la temperatura y la precipitación invernales como consecuencia del pequeño aumento proyectado de la Oscilación del Atlántico Norte (OAN); aumento del calentamiento y del deshielo marino; aumento significativo en la precipitación a mediados de siglo, principalmente debido al aumento de la precipitación de los ciclones extratropicales.
América del Norte (14.8.3)	Las precipitaciones monzónicas retrasarán su ciclo anual; el aumento de las precipitaciones de los ciclones extratropicales provocará un gran aumento de las precipitaciones invernales en el tercio norte del continente; aumento de las precipitaciones extremas de los ciclones tropicales que lleguen a las costas occidentales de Estados Unidos y México, el Golfo de México y la costa este de Estados Unidos y Canadá.
América Central y el Caribe (14.8.4)	Reducción proyectada de la precipitación media y aumento de la precipitación extrema; una mayor precipitación extrema debida a ciclones tropicales con entrada en tierra por las costas del este y del oeste.
América del Sur (14.8.5)	El desplazamiento hacia el sur de la zona de convergencia del Atlántico Sur hace que aumente la precipitación en el sureste; la tendencia positiva del Modo Anular del Sur desplaza la trayectoria de las tormentas tropicales hacia el sur, disminuyendo la precipitación en el centro de Chile e incrementándola en el extremo sur de América del Sur.
Europa y Mediterráneo (14.8.6)	Aumento de las precipitaciones extremas relacionadas con tormentas y disminución de la frecuencia de las precipitaciones relacionadas con tormentas en el Mediterráneo oriental.
África (14.8.7)	Mayor intensidad de la precipitación monzónica de verano en África occidental debido al patrón de calentamiento del océano Índico; aumento de las precipitaciones extremas debidas a la llegada a tierra de ciclones en la costa este (incluida Madagascar).
Asia central y septentrional (14.8.8)	Mayor intensidad de la precipitación en verano; mayor calentamiento invernal en el norte de Asia
Asia oriental (14.8.9)	Mayor intensidad de la precipitación monzónica de verano; aumento de las precipitaciones extremas debidas a la llegada a tierra de tifones; reducción de la supresión de los ciclones extratropicales en mitad del invierno.
Asia occidental (14.8.10)	Aumento de las precipitaciones extremas por la llegada a tierra de tifones en la península Arábiga; disminución de las precipitaciones en el noroeste de Asia debido al desplazamiento hacia el norte de las trayectorias de las tormentas extratropicales.
Asia meridional (14.8.11)	Mayor intensidad de la precipitación monzónica de verano; aumento de las precipitaciones extremas por la llegada a tierra de ciclones en las costas del golfo de Bengala y el mar Arábigo.
Asia suroriental (14.8.12)	Disminución de la precipitación en Indonesia de julio a octubre debido al patrón de calentamiento del océano Índico; aumento de las precipitaciones extremas por la llegada a tierra de ciclones en las costas del mar del Sur de China, el golfo de Tailandia y el mar de Andamán.
Australia y Nueva Zelandia (14.8.13)	Posible aumento de la precipitación monzónica de verano en el norte de Australia; posible reducción de la precipitación en el noreste de Australia debido a episodios zonales más frecuentes de la zona de convergencia del Pacífico Sur; aumento del calentamiento y reducción de la precipitación en Nueva Zelandia y sur de Australia debido a la tendencia positiva proyectada del Modo Anular del Sur; aumento de las precipitaciones extremas asociadas a tormentas tropicales y extratropicales.
Islas del Pacífico (14.8.14)	Los cambios de la zona de convergencia tropical influyen en la precipitación y sus episodios extremos; precipitaciones extremas adicionales asociadas a ciclones tropicales.
Antártida (14.8.15)	Aumento del calentamiento en la península Antártica y en la Antártida occidental relacionado con la tendencia positiva del Modo Anular del Sur; aumento de la precipitación en zonas costeras debido al desplazamiento hacia el polo de la trayectoria de las tormentas.

Taula 1. Visió general dels canvis regionals relacionats amb els seus fenòmens climàtics [1]

Els canvis que es poden produir a nivell mundial es recullen en la taula anterior dividit entre regions, es pot observar que els canvis son majoritàriament en augment de les precipitacions extremes i la seva intensitat. Si es continua en aquesta línia i no s'adapten els recursos necessaris aquestes situacions poden esdevenir en inundacions i desbordaments i les seves conseqüències.

2.3 Protocols de rescat

El rescat de persones o materials submergits segueix uns protocols determinats o necessita que el personal que s'hi dedica tinguin una formació i entrenament determinats. D'entre aquests, destaca el paper dels bussejadors, els quals realitzen una feina amb un risc elevat de lesions i accidents. L'ús de prototips en les fases inicials de la cerca comporta la reducció de les hores d'immersió i la reducció de costos en general.

Per tal de donar una breu descripció de l'àmbit d'aquests tipus de rescat s'avaluarà les característiques, els material, la logística, el personal, les conseqüències que pateix el cos quan ha estat sotmès a unes condicions de pressions especials i els riscos consideracions que comporta la intervenció de dur a terme una operació de cerca i rescat actualment en comparació amb el prototip de cerca i rescat del projecte i ressaltar els avantatges per promoure l'ús del dispositiu. La informació s'ha recopilat segons el manual de rescat i salvament del cos de bombers de Guadalajara. [3]

Coneixements

En primer lloc un dels aspectes a considerar és el personal responsable de dur a terme les activitats subaquàtiques de rescat i recuperació de cadàvers, que ha de ser un personal qualificat amb uns coneixements i habilitats específics i amb una preparació física determinada. Les competències van des de protocols, normes de seguretat, estratègies de cerca, submarinisme, efectes produïts per la pressió sobre el cos humà... Això comporta que sigui un grup qualificat reduït del que disposar.

Duració i profunditat

En segon terme un dels inconvenients que comporta dependre de personal subaquàtic és el temps màxim que poden estar sota l'aigua. El temps serà un màxim de tres hores amb la fase de compressió, l'estada en el fons i la descompressió de l'aigua, sent possible l'augment d'aquest temps a 5 hores amb una profunditat no superior a 10 m en tota la jornada. Per altra banda la profunditat màxima serà de 50 m. degut a la pressió a la que es sotmet el cos pot augmentar el límit s'ha de disposar d'una cambra de descompressió.

Equipament de l'equip d'intervenció

L'equipament del bussejador en aquestes situacions esta comprès pel vestit de bany, dos reguladors independents (principal i auxiliar), ulleres marines, sistema de control de la pressió de l'aire, guants, ganivet, aletes, cinturó de llast, ampolles, manòmetre, armilla hidrostàtica, rellotge, brúixola, vàlvules, armilla de calor de neoprè... com es pot comprovar la quantitat de material necessari encarregat solament pel bussejador per dur a terme les activitats submarines és considerable i s'ha de considerar el número de persones que es submergiran augmentarà l'equip, cal tenir en compte que el material ha d'estar en bon estat i superar uns requisits de seguretat per salvaguardar la integritat de l'individu segons les condicions de l'aigua. L'embarcació necessària per assistir al personal amb tot el que comporta, combustible, permisos, transport... Per tant el cost econòmic que implica la logística de muntar un dispositiu d'aquesta amplitud pot ser molt elevat i és un aspecte important a tenir en compte.

Seguretat segons condicions de l'aigua/ operació

S'ha de tenir en compte la seguretat de les persones que duren a terme l'operació, que segons l'estat de les aigües s'haurà d'aplicar unes directrius complementaries de seguretat. Aquests treballs poden ser en aigües:

- Contaminades:
En aquest cas el vestit de bany haurà de ser completament estanc.
- fredes (menys de 7º C).

Per altre banda alhora d'actuar en una operació de rescat s'ha de avaluar els següents aspecte de l'estat de l'aigua que condicionaran l'entrada i el procés d'entrada a l'aigua:

- Tipus de fons
- Temperatura de l'aigua
- Profunditat
- distancia de la riba
- corrents
- aigües contaminades
- condicions meteorològiques

Personal de rescat

A Espanya la normativa exigeix que l'equip d'intervenció en un treball de busseig estigui compost per un patró d'embarcació, un cap d'equip, dos submarinistes especialistes i un de suport. Per tant l'equip està format per un grup de 5 persones que s'han de coordinar i han de tenir una formació específica

2.4 Riscos laborals

Efectes fisiològics del submarinisme / risc / lesions

Un altre factor important a destacar és l'efecte que té sobre el cos haver estat exposat a condicions de pressió anormals, treballar sota l'aigua, si no es procedeix adequadament poden produir lesions o accidents, es pot traduir en un cost per la salut i estendre a un cost econòmic si per prevenir-les és necessari l'ús de màquines o dispositius. El risc que poden patir els submarinistes en primer lloc és:

En funció de les lleis físiques dels gasos:

- Llei de Henry
 - La necrosis nitrogenada quan els submarinistes respiren aire de les ampolles quan la pressió per la profunditat dissol grans quantitats de nitrogen en sang provocant un efecte narcotitzant.
 - S'ha de pujar a la superfície de manera escalonada per permetre que el nitrogen dissolt en la sang s'alliberi poc a poc i evitar la descompressió de les bombolles de gas que es podrien despendre.
- Llei de Boyle-Mariotte
 - Si un bussejador emergeix aguantant la respiració, l'aire atrapat al seus pulmons buscarà una via d'escap i provocarà lesions per sobre-expansió
 - Es perd flotabilitat a mida que es submergeix
 - El consum d'aire augmentarà a mida que es vagi baixant a mes profunditat
- Llei de Dalton
 - Quan s'estudia la toxicitat dels gasos s'ha d'analitzar a consciència la pressió parcial del gas en el punt del qual es pot transformar en tòxic.

Efectes fisiològics del submarinisme

Les condicions físiques i ambientals per treballar sota l'aigua a les que es sotmet el cos al submergir-se produeixen efectes que s'han de tenir en compte per a la salut i prevenir o reduir lesions

a) Per augment de pressió

Els espais naturals del cos, els pulmons, l'orella mitjana, el pou nasal, l'estomac o els intestins estaran en equilibri de pressions amb els teixits i l'exterior, a mida que es va descendant l'augment de la pressió pot provocar danys si aquests espais es bloquegen i no s'igualen les pressions. Si succeeix a l'orella mitjana, el timpà es pot trencar i l'aigua entrant podria afectar a l'equilibri, nàusees i mareig. En els pulmons el volum d'aire es reduirà.

b) Per disminució de pressió

De tal manera que a l'augmentar la profunditat la pressió augmenta i redueix el volum del gas, en cas contrari, alhora d'ascendir el gas s'expandeix, s'ha posat especial atenció als pulmons ja que mentre que l'oïda i el nas deixen escapar l'aire de forma natural, els pulmons no i pot produir lesions.

Lesions per canvi de pressió

a) Lesions durant el descens

El desequilibri produït entre les diferents parts del cos o entre el cos i l'equip de busseig es denomina barotrauma. Segons on es produeixi el desequilibri pot produir diferents lesions, com a l'oïda, amb la possibilitat de pèrdua total auditiva.

b) Lesions durant l'ascens

Les lesions que es poden produir si no es mantenen obertes les vies poden ser:

- **Embòlia d'aire**

La retenció de la respiració de l'aire durant l'ascens augmentarà de volum dins dels pulmons provocant el trencament dels alvèols pulmonars i arribar al torrent circulatori, dificultant la circulació de la sang, podent afectar al final al cervell.

- **Pneumotòrax**

Si l'aire escapa a l'espai que hi ha entre els pulmons i la cavitat toràcica pot causar un col·lapse pulmonar.

- **Emfisema subcutani**

Quan l'aire es queda en l'espai entre els pulmons i prop del cor provoca dolor i dificultat al respirar.

- **Emfisema mediastí**

Quan l'aire dels pulmons augmenta el volum i trenca els alvèols pulmonars i la pleura que els recobreix i passa al mediastí i es trasllada al coll on es produeix una erupció inflada arribant a provocar la dificultat de la parla i la respiració.

- **Descompressió**

Alhora de descendir l'augment de la pressió parcial del nitrogen és absorbida per la sang i la transporta als teixits, aquests l'absorbeixen i el mantenen dissolt a baixa pressió. Un cop es puja a la superfície i disminuir la pressió, s'inverteix el procés, si es fa de forma precipitada sense esperar que el nitrogen es dissolgui pot provocar lesions.

- **Narcosis nitrogenada**

Els efectes narcòtics d'altres temperatures parcials de nitrogen poden provocar eufòria, desorientació i pèrdues momentànies a nivell cognitiu i de racionalitat.

- Preparació a l'entrar/ sortida de l'aigua

L'entrada a l'aigua és el punt més crític, ja que és necessari tenir el màxim coneixement sobre les forces, les corrents i les condicions de l'aigua i així evitar riscos.

Capítol 3. Propulsió

Un cop vista la necessitat i utilitat dels prototips de cerc i rescat, la resta de la memòria està dedicada al disseny i implementació d'aquests. En el present capítol es parla de la propulsió més adient per a aquest tipus de prototips.

3.1 Tipus de propulsió

La funció principal de la propulsió és transformar energia en treball que transmetrà a un propulsor per fer avançar el casc a través de la superfície de l'aigua, és molt important ja que ens permetrà tenir un control de l'embarcació i capacitat per governar-la. L'energia pot ser química, elèctrica o per mitjà de la força del vent. I en funció de l'energia que s'utilitzi el motor serà:

- Motor de gasolina
- Motor elèctric

A continuació es farà un petit estudi i descripció de les diferents opcions de propulsions que es poden instal·lar en el prototip per finalment escollir el motor més adient adaptat a les necessitats específiques.

3.1.1 Motors de gasolina o d'explosió en radio control

En radio control els motors de gasolina son motors de combustió interna. El seu funcionament serà el mateix que els motors de cotxes, motos, camions... però de diferents mides com poden ser de 3.46, 13.1, 30 o 60 cc i amb diferents rangs de potències que poden ser de 1.3, 2.1, 9.86 HP. Poden ser motors de dos o quatre temps i solen tenir carburador i un sol pistó. El combustible que poden utilitzar pot ser o bé una mescla de nitrometà, metanol i oli, o també una mescla de gasolina sense plom i oli.

El motor d'explosió utilitza per mitjà d'una guspira provocada l'explosió del combustible on el gas produït farà força sobre un pistó, que unit a un cigonyal per mitjà d'una biela transformarà el moviment lineal del pistó en rotatiu.



Figura 6. motor de combustió interna d'avió [49]

El cicle termodinàmic és el nomenat cicle Otto poden ser de 2 o 4 temps:

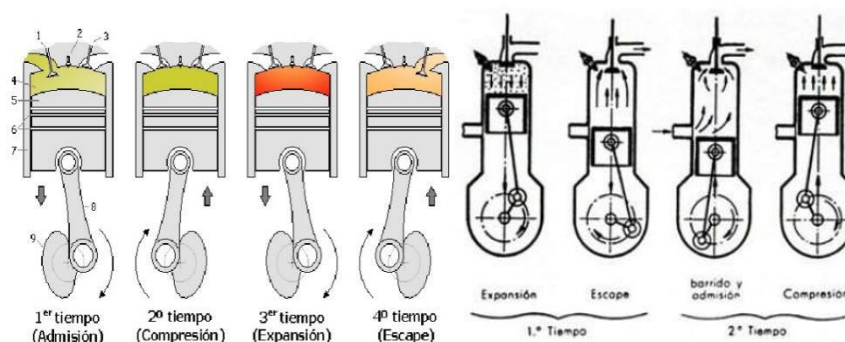


Figura 7. Comparació motors de 2 i 4 temps [39]

El funcionament del motor d'explosió és sempre el mateix, les fases són admissió, compressió, expansió i evacuació, la diferència entre els motors de 2 i de 4 temps és el temps en què du a terme els passos.

Els motors de gasolina de radio control poden ser de diferents mides i potències, això afectarà directament al cost, com més potent és el motor més car serà, el pes també és un factor a tenir en compte. La mescla de combustible que utilitzen és sensible a la temperatura, que afectarà al rendiment, es necessari tenir cert coneixement ja sigui per ajustar el reglatge de l'embragatge, la carburació i el manteniment.

3.1.2 Motors elèctrics

Els motors elèctrics són dispositius que transformen l'energia elèctrica en energia mecànica gràcies a l'acció dels camps magnètics generats a les seves bobines. Aquests motors poden ser impulsats per corrent altern o corrent continu.

El principi de funcionament dels motors elèctrics es basa en la combinació del camp magnètic la "Llei de Faraday" on el flux sobre una espira produeix una força electromotriu i un corrent induït en el sentit que s'oposa a la variació del flux inicial i es representa en l'equació següent:

$$\int_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (1)$$

En E es el camp elèctric, $d\vec{l}$ es l'element del contorn de C , B es la densitat del camp magnètic i S una superfície arbitrària. [38]

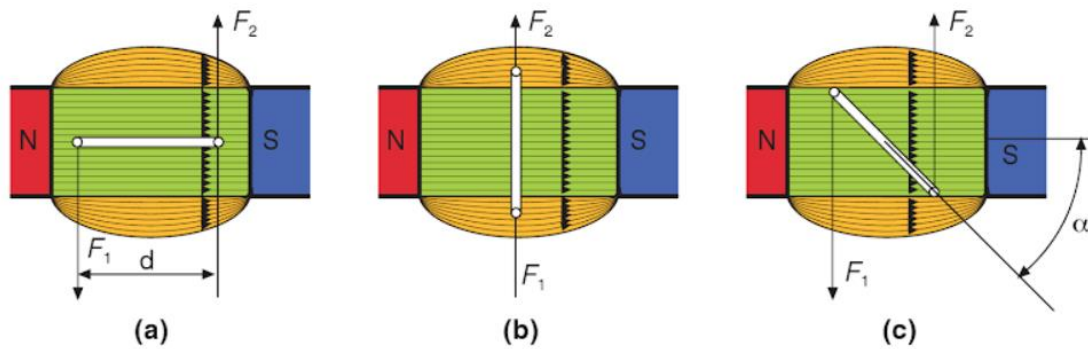


Figura 8. Esquema magnetització [38]

Motors brushed

○ Construcció

- Carcassa és la peça que fa de suport i porta un casquet que fa de guia per l'eix del rotor i el bèn dix
- Rotor és la peça on va enrotllat el bobinat, es la part mòbil del motor elèctric
- Col·lector inverteix el sentit de la corrent en l'espira en l'instant que en que els pols contraris estan un enfront de l'altre, això fa que s'inverteixi la polaritat del camp, produint una repulsió en comptes d'atracció i l'espira continua girant.
- Rodaments
- Escombretes són les encarregades d'establir la connexió elèctrica entre la part mòbil i la part fixa en els motors elèctrics
- Campana suporta el rotor i les escombretes i recull la tensió que ve del variador, una altre funció també és la de controlar el grau d'avançament de les escombretes sobre els imants del motor. També pot servir per reduir les interferències per mitjà de condensadors que absorbeixin el soroll.

○ Funcionament

Quan es fa passar una corrent elèctrica per el fil conductor del bobinat del rotor es genera un camp electromagnètic que interactua amb el camp magnètic dels imants permanents de l'estator, produint un força par que fa girar el rotor i juntament amb ell l'eix del motor. Aquesta corrent elèctrica li arriba al bobinat a través del col·lector que al seu torn rep la corrent elèctrica gracies a les dues escombretes que estan en contacte amb tres delgues del col·lector mentre el rotor esta girant. [41]

Cal tenir en compte que son necessàries 3 delgues perquè el moviment del rotor es produeixi de forma adequada, si en comptes de tres només en portés dues hi hauria moments que el gir del rotor es quedaria en perpendicular a la força magnètica dels imants de l'estator i no girés.

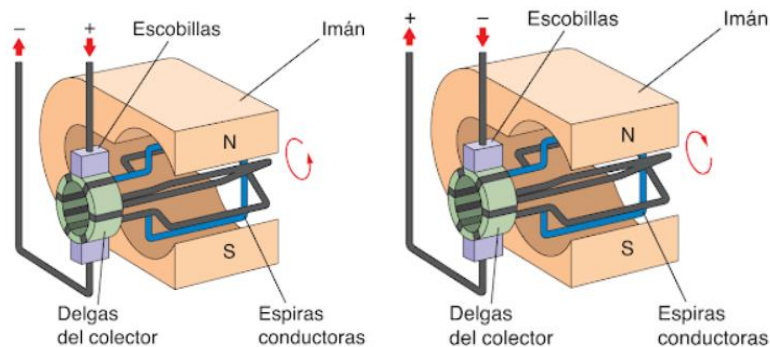


Figura 9. Canvi de sentit corrent [41]

Al aplicar un voltatge als borns circula pels conductors dels induïts una corrent que al estar en un camp magnètic produeix una força que fa girar els conductors i per tant l'induït, la força exercida sobre un conductor es proporcional al camp magnètic i a la corrent per tant el par motor es equivalent:

$$\Gamma = K\phi I_a \quad (2)$$

On

Γ Par motor

$K\phi$ Constants que depenen de la construcció i del sistema d'unitat adaptat

I_a corrent induïda

Al girar els conductors amb l'induït, tallen línies de força i en l'arrollament s'indueix una *f.e.m* (*Força Electromotriu*) que s'oposa al voltatge aplicat als borns, d'aquí ve la *f.c.e.m* (*Força contra electromotriu*)

$$I_a = \frac{E_a - E_b}{R_a} \rightarrow E_a = E_b + I_a R_a \quad (3)$$

E_b és la *f.c.e.m*

E_a voltatge aplicat

I_a corrent en l'induït

R_a Resistència de l'induït i escombretes

La potencia absorbida de la xarxa per un motor varia automàticament, per adaptar-se a la carga mecànica. Quan el motor inicia en repòs l'induït tindrà una corrent:

$$I_a = \frac{E_a}{R_a} \quad (4)$$

ja que

$$f_{cem} E_b = 0 \quad (5)$$

quan el motor augmenta la velocitat la *f.c.e.m* també augmenta i per tant *I_a* disminueix

$$I_a = \frac{E_a - E_b}{R_a} \quad (6)$$

El motor deixarà d'accelerar quan la corrent hagi baixat fins que el par motor sigui igual a la suma del par de fregament i el par de frenada produïda per la carga mecànica. Si la carga mecànica augmenta la corrent *I_a* disminueix i el par motor disminueix. [2]

- Avantatges/ desavantatges

La vida dels motors amb escombretes es limitada o menor que en un motor brushless, ja que es produeix més fricció quan realitzen el canvi de polaritat i es desprèn calor i espurnes, a partir d'aquí deriven tots els desavantatges ja que aquest fet comporta un deteriorament de les escombretes i un fregament.

- La relació velocitat/ par motor es constant però a altes velocitats el fregament redueix el par motor útil.
- Menor rang de velocitats.
- Pèrdues calorífiques o sigui que la seva potencia es redueix i en conseqüència baixa la seva eficiència.
- Les guspires produïdes poden afectar al soroll electrònic i causar interferències electromagnètiques a altres circuits electrònics.
- És un rotor amb molta inèrcia, els seus canvis de velocitats son limitats.

En canvi per altre banda al disposar d'escombretes es pot anar allargant la vida útil si es van reemplaçant, es pot controlar mitjançant solament en dos cables i es fàcil de construir i no es necessari un control quan treballa a una velocitat constant.

○ Manteniment

Les escombretes són la principal raó que s'hagi de fer manteniment, primer de tot és necessari un rodatge del motor perquè les escombretes s'adaptin a la forma del col·lector per millorar el seu rendiment, per fer el rodatge es farà a baixa tensió al buit. Cada cert temps s'ha d'obrir el motor per netejar-lo degut al desgast de les escombretes i en cas que hagin patit un desgast important substituir-les, aprofitar també per netejar, observar i canviar en cas necessari els rodaments .

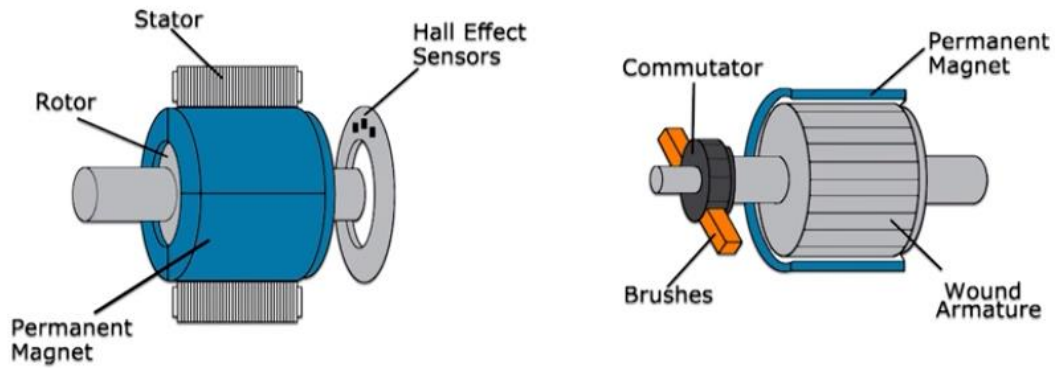


Figura 10. Motors Brushless vs Brushed - font [47]

Motors brushless

La corrent elèctrica que circula per les bobines genera petits camps magnètics que obliguen a girar al rotor. Aquest està construït amb imants permanents, i van acompanyats d'un variador que envia de forma seqüencial la tensió als diferents pols, d'aquesta manera els pols del rotor es van movent segons el camp magnètic generat per les bobines, a més està capacitat per augmentar o disminuir la tensió d'alimentació per extreure el màxim rendiment. [42]

- Avantatges
 - Al no utilitzar escombretes s'estalvien la gran majoria de problemes derivats d'aquestes com ara no es produeix la fricció i evita les pèrdues calorífiques augmentant l'eficiència, no es produeix el mateix desgast i augmenta el rendiment, ja que pot funcionar mes temps amb la mateixa potencia, disminueix el soroll electrònic i per tant evita interferències en altres circuits al no tenir una limitació mecànica el seu rang de velocitats és mes alt i la seva relació velocitat/par motor es casi constant.
- Desavantatges
 - Mentre que evitar l'ús d'escombretes millora les seves prestacions també cal tenir en compte que la seva construcció serà més cara sobretot per la implementació d'un sistema de control més complex.

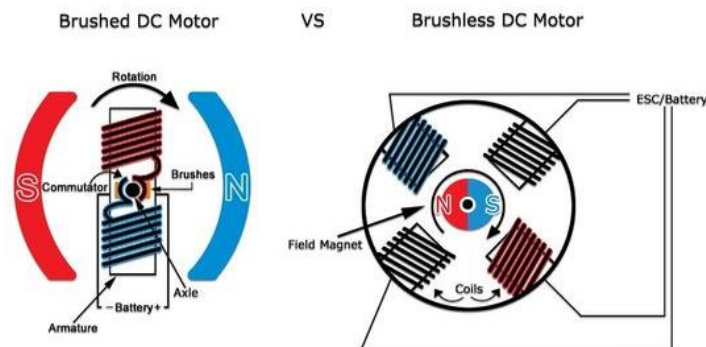


Figura 11. Comparació motors brushed i brushless Error! No s'ha trobat l'origen de la referència. [47]

3.1.3 Hidrojet/ Water-jet

○ Construcció / parts

- Conducte d'aspiració són els orificis per on entra l'aigua cap a la bomba, poden estar situats a la quilla de l'embarcació, la canonada va per dins del casc evitant la resistència a l'avanç, son necessaris filtres a l'entrada del conducte per evitar que s'obstrueixin
- Bomba d'aspiració i impulsó
- Tovera d'acceleració
- Motor

○ Funcionament

És un sistema propulsor basat en la variació de la quantitat de moviment de l'aigua forçada a popa, per mitjà d'una bomba accionada, en aquest cas, per un motor elèctric que absorbeix aigua per una banda i l'expulsa per l'altre. És necessari que la bomba treballi dins de l'aigua ja que al girar actua accelerant la massa de l'aigua i generant una diferència de pressions produïda entre les superfícies davanteres i posterior. Aquesta diferència de pressions i aplicant la segona llei de Newton d'acció – reacció fa que l'embarcació avanci. [44]

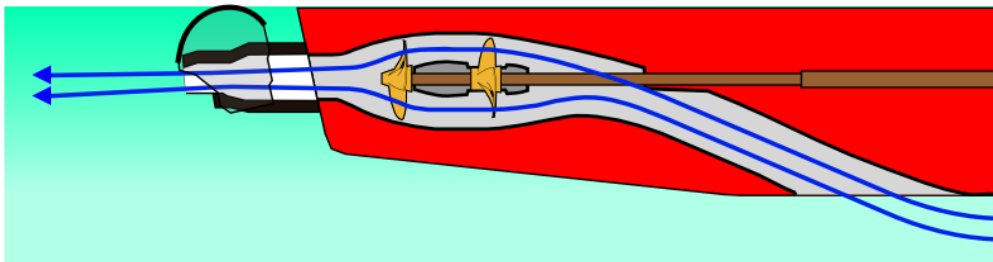


Figura 12. recorregut fluid dins un hidro jet [48]

El principi bàsic en el que es basa la propulsió a raig és [45]

$$\begin{aligned}
 F &= m \times a \\
 F &= m \times a = m \frac{dV}{dt} \\
 \int_0^t F dt &= mv_2 - mv_1 \\
 Ft &= mv_2 - mv_1 \\
 F &= mv_2 - mv_1 \\
 \int_{t_1}^{t_2} F dt &= \int_{m_a V_a}^{m_s V_s} d(mV)
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

- Avantatges
 - Millora la operació en aigües poc profundes, només es necessari que estigui submergida l'entrada
 - Millora de la capacitat de maniobra gracies a la possibilitat d'afegir una tobera orientable per crear una empena vectorial
 - Protecció de la vida aquàtica del moviment rotatori, ja que es
- Desavantatges
 - Baixa eficiència a baixa velocitat
 - Mes complex
 - Pèrdues per fricció en la tovera
 - Taps en l'entrada

3.2 Selecció d'un motor elèctric

Per determinar el motor mes adient per a unes condicions específiques i així obtenir la màxima eficiència i una vida útil mes llarga cal tenir en compte els següents aspectes generals:

- La instal·lació
- L'operació
- El manteniment

Passos a seguir segons les especificacions tècniques i en base a la demanda dels equips:

- Determinar la font d'alimentació
- La potencia nominal
 - Estudi de la velocitat de rotació i el par requerits per saber quina potencia nominal s'ajusta a la instal·lació sense que l'augment de temperatura danyi els materials
- La velocitat de rotació
- El cicle de treball (continu / intermitent)
 - Servei continuo:
 - La carga es constant durant un període de funcionament llarg i suficient per mantenir una temperatura estable.
 - Servei continuo variable:
 - Els períodes de funcionament son llargs però el regim de carga no es sempre el mateix.
 - Servei intermitent:
 - Els temps de treball del motor estan separats per temps de repòs. La relació entre el temps de treball i la duració total del cicle de treball ens proporciona el seu factor de marxa.
 - Servei uni-horari:
 - El motor funciona durant una hora a un regim constant superior al continuo però la temperatura no s'estabilitza.

- Arrancada: s'ha de tenir en compte el numero d'arrancades que són necessàries per operació, ja que aquestes condicionaran la vida útil, ja que és necessari una corrent nominal mes alta per passar d'estar en repòs a la velocitat de règim. Tipus d'arrancada:
 - Directe
 - Estrella triangulo
 - Per autotransformador
 - Arrancada electrònica suau
- carcassa

Passos a seguir segons les condicions ambientals de la instal·lació i les característiques

- exposició a una temperatura ambient
- instal·lació en parts o allotjament tancats o oberts
- operació dins del valor de la tolerància de $\pm 10\%$ del voltatge nominal
- Operar dins dels valors de de freqüència del $\pm 5\%$
- Operació dins d'una oscil·lació de voltatge de l'1% o menys

Propulsor	Avantatges	Desavantatges
Motor gasolina	<ul style="list-style-type: none"> - Potència - Bona regulació de la refrigeració del motor - Autonomia - Fàcil de carregar el dipòsit 	<ul style="list-style-type: none"> - Com més potent més cost econòmic - La potencia ve condicionada per la mida - Adaptació del sistema de gasos d'escapament - xassís metàl·lic ja que pot fondre el plàstic - pes alt - manteniment necessari utilitzar eines auxiliars
Motor elèctric	<ul style="list-style-type: none"> - Alt rendiment i potencia - Xassís de plàstic - Pes baix - Regulació senzilla a través de comandament 	<ul style="list-style-type: none"> - Autonomia limitada - Carrega de bateries llarga
Hidrojet	<ul style="list-style-type: none"> - Millor en aigües poc profundes - Millora la capacitat de maniobra - Protecció vida aquàtica 	<ul style="list-style-type: none"> - Pèrdues per fricció en la tovera - Baixa eficiència en velocitats baixes - Obstrucció d'entrada

Taula 2. Comparativa sistemes de propulsió [50]

motors	Avantatges	desavantatges
Brushed	<ul style="list-style-type: none"> - Baix cost - Simples, fàcils d'operar - Fàcils de modificar 	<ul style="list-style-type: none"> - Pèrdues calorífiques - Soroll elèctric - manteniment
Brushless	<ul style="list-style-type: none"> - Reducció de la fricció i de les pèrdues calorífiques - Menys desgast - Disminució soroll elèctric 	<ul style="list-style-type: none"> - Cost econòmic elevat - Alta velocitat

Taula 3. Comparativa motors Brushed vs Brushless [40]

El sistema de propulsió escollit ha sigut en forma hidrojet accionat per un motor elèctric, d'aquesta manera s'evita els problemes que pugui ocasionar una hèlice com és la cavitació o que matèria de la superfície s'enredi entre les pales, així mateix també s'aconsegueix disposar de suficient potencia per maniobrar i sobretot limita el pes, un factor molt important que afecta a la flotabilitat.

Capítol 4. Elecció de bateria

Tenint en compte que la necessitat d'incorporar una bateria al projecte és donada per la utilització de components dels quals la seva funció requereix de subministrament elèctric, ha d'esclarir-se que l'ús de la bateria envers al d'una pila és degut al fet que una pila pateix un procés irreversible. Això vol dir que quan es descarreguen no es poden tornar a carregar. Per contra les bateries recuperaran la seva càrrega si se'ls subministra un corrent elèctric, reduint així costos en la confecció i ús del prototip.

No obstant això, l'elecció de l'ús d'una bateria per al funcionament de tots els components, és un punt on es requereix d'un estudi més concret. Això ve determinat per la necessitat de subministrar un corrent adequat i garantir una capacitat per desenvolupar l'objectiu principal del projecte.

A causa de la diversitat de les característiques entre piles i bateries, fent una comparativa a petits trets entre ambdues, es comença per desenvolupar un estudi de les piles.

4.1 Piles

La pila és un dispositiu capaç de generar corrent elèctric, el seu fonament consisteix en transformació de l'energia química que s'emmagatzema en els seus components interns per a la seva posterior conversió en energia elèctrica.

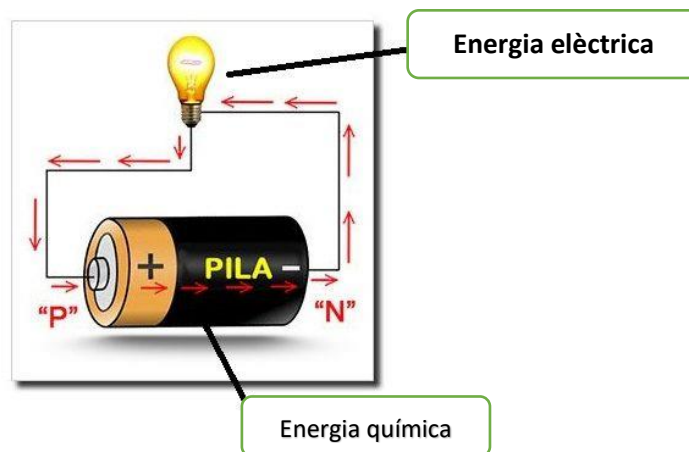


Figura 13. Pila [25]

Hi ha diversos tipus de piles elèctriques, ja sent per la seva forma o composició, però tot i que són diferents, en cadascuna els detalls constructius i els materials utilitzats per produir les reaccions químiques que generin el corrent elèctric tenen el mateix fonament. En totes es troben els següents elements: elèctrode positiu, elèctrode negatiu i electròlit

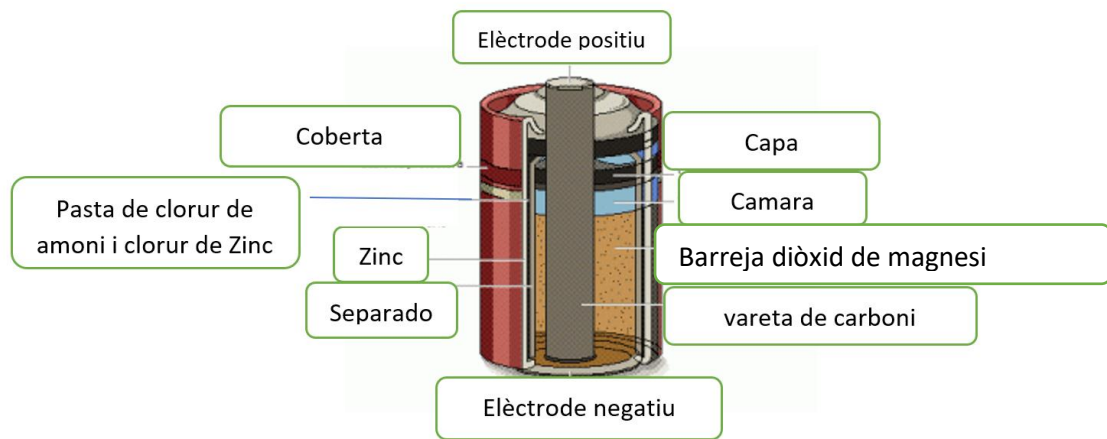


Figura 14. Composició pila [26]

4.1.1 Principi de funcionament

La base de funcionament és l'intercanvi d'electrons entre dues reaccions químiques, una reacció d'oxidació i una reacció de reducció que inicialment estan separades. A l'hora de fer la unió per un circuit elèctric extern es produeix l'intercanvi (pas) d'electrons de la reacció d'oxidació a la reacció de reducció. A l'interior l'electròlit té submergit en el seu interior dues plaques metàl·liques diferents, anomenades elèctrodes. Aquests elèctrodes abans d'introduir-los en el líquid no tenen càrrega elèctrica.

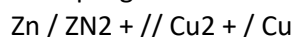
Reacció química

Un dels elèctrodes ha de ser d'un metall que al posar-se en contacte amb l'electròlit s'oxidi i per aquesta reacció d'oxidació es desprenduin i passin al líquid o electròlit ions +, quedant llavors la placa amb càrrega -, o el que és el mateix amb excés d'electrons. Si inicialment el material la seva càrrega és zero, en desprendre ions + queda amb càrrega - i la càrrega negativa és la dels electrons. Aquest elèctrode serà el pol negatiu o ànode.

A l'altre elèctrode a introduir-lo en el seu electròlit es produeix una reacció de reducció, reacció que produeix que l'elèctrode es despengui d'electrons que passen al líquid o electròlit. En deixar anar electrons l'elèctrode quedarà amb càrrega +, per això aquest altre elèctrode serà el pol + o càtode.

Entre els 2 elèctrodes es produeix una diferència de potència o tensió. Un té potencial negatiu, l'ànode, i l'altre potencial positiu, el càtode.

Exemple gràfic de la reacció d'una pila salina, o piles de zinc-coure:



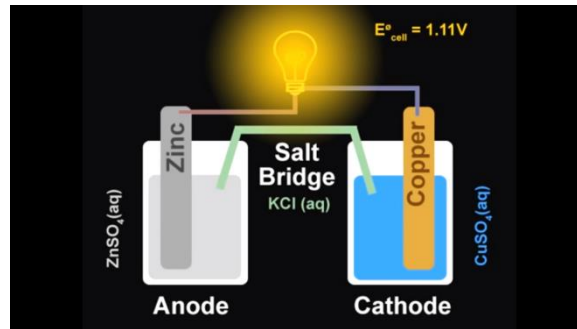


Figura 15. procés químic pila (1) [25]

Reacció d'Oxidació:

La placa metàl·lica perd ions + (els àtoms de la barra s'oxiden) i es queda amb electrons (càrrega negativa), llavors mitjançant el pont salí que connecta les semiceldas mantenint l'aïllament i oferint un contacte elèctric, aportant un flux d'ions per mantenir un equilibri en la càrrega, passa a la solució i queda Zn^{2+} , mentre la barra queda carregada negativament. Produint en l'ànode, costat negatiu.

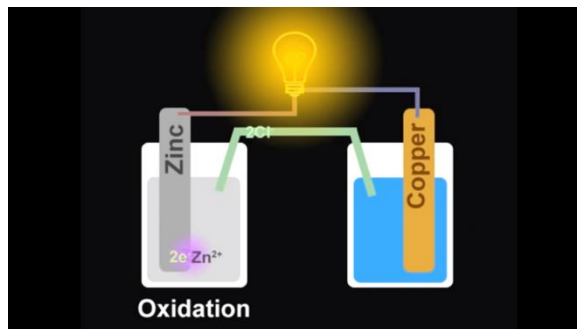


Figura 16. Procés químic pila (2) [25]

En unir els elèctrodes mitjançant un circuit elèctric extern (una bombeta per exemple), els $2e^-$ que és simulen en les il·lustracions en haver una diferència de tensió entre els 2 elèctrodes (ànode i càtode) es produirà un corrent elèctric. És a dir els electrons sobrants del càtode passaran a l'ànode pel circuit produint-se un corrent elèctric.

Reacció de Reducció:

La placa metàl·lica perd electrons que passen al líquid i es queda amb ions + (càrrega positiva). Produint-se en el càtode, costat positiu. La barra, que és de coure, i està submergida en el vas de la dreta en una solució de sulfat de coure, els ions de coure de la sal es redueixen en prendre els electrons de la barra i es dipositen en el fons en forma de metall, quedant Cu al final de la reacció.

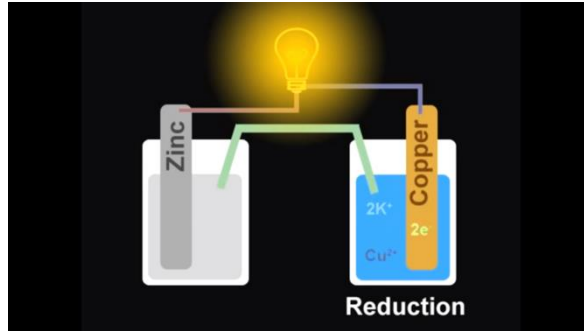


Figura 17. Procés químic pila (3) [25]

Un cop tota la càrrega negativa passa a l'altre costat deixarà de passar corrent i la pila estarà descarregada. Les reaccions que es produeixen no es produeixen de forma eterna, per això al cap d'un temps la pila es descarrega completament. Si és recarregable podrem carregar-la amb el procés invers, fent corrent pels dos pols.

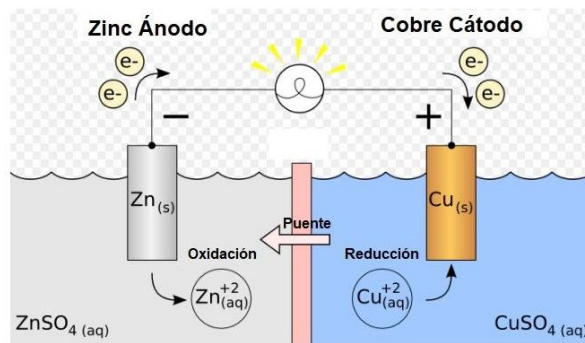


Figura 18. Explicació fenomen de l'electroquímica [25]

4.1.2 Tipus de piles

Després del procés químic d'oxidació i reducció, hi ha diferents composicions que poden oferir una rang de capacitats d'aplicació. Reduint a 2 els tipus de piles que existeixen a causa de si aquestes poden ser carregades o no. Fent un resum de les característiques de les següents piles deduïm que no adquireixen les necessitats generades pel projecte.

Piles no recarregables

Estan confeccionades per a un únic ús, sent irreversible el procés electroquímic, existeixen una gran varietat de mides i composicions d'elements químics que fan una versatilitat del seu ús per a qualsevol aplicació. Diferenciant les piles d'un sol ús en les d'ús més comú; alcalines, salines i liti.

Alcalines

Les piles alcalines són les més comuns dins de les piles no recarregables. Aquesta composició, que utilitza el zinc com a ànode i el diòxid de manganès (MnO_2) com a càtode. Són més cares que les piles de zinc-coure, però duren 4 a 9 vegades més, reduint la seva substitució en freqüències majors. Pel que fa a energia emmagatzemada pot arribar a ser el doble.

Salines

Les piles salines o piles de zinc-carboni o zinc-coure, es troben cada vegada més en desús. Tenen un cost menor que les alcalines però també menor capacitat. Potser per algun ús siguin convenients, però en general són millors les piles alcalines.

Liti

Les piles de liti hi ha diversos tipus de piles que incorporen liti en la seva composició. Aquests models es caracteritzen per tenir una autodescàrrega molt baixa; si es mantenen a 20 °C es descarregarà un 1% per any. Aquestes piles ofereixen una llarga vida útil i són idònies per a aplicacions de càrrega alta intermitents. Poden treballar en un alt rang de temperatures.

Aquestes composicions permeten triar segons l'aplicació, la més adient preu-funció per aconseguir suplir el subministrament elèctric requerit. Atès que tenen un voltatge mínim per unitat de 1,5 volts, una capacitat d'uns 2000 mAh i uns pes/ dimensió reduïts, seria una bona opció per incorporar al prototip, realitzant una configuració de muntatge de diverses unitats. No obstant això a causa de la seva obsolescència d'un sol ús, l'alt contingut contaminant al seu interior que podria provocar algun perjudici tant mediambiental (a causa de la seva dificultat per reciclatge) com salubre si aquestes no es tracten correctament. L'elevat cost que produiria la substitució periòdica de piles, fa que no sigui una opció viable per a la seva implementació.



Figura 19. piles no recarregables [28]

Piles recarregables

En ocasions les piles recarregables seran més pertinents que les piles d'ús irreversible de qualsevol tipologia que no es pugui recarregar la seva capacitat. La primera aportació serà més alt en comparació amb les d'un sol ús, però per la possibilitat d'usar les recarregables en diverses ocasions, garanteix un ús repetit sense cost afegit més que la primera inversió. Les piles recarregables són capaços de rebre recàrrega, encara que tampoc infinites vegades, depèn del seu tipus i del seu ús adequat.

Piles NiCd

Les piles de Ni-Cd té una tensió mitjana entre borns de 1,2 Volts i la seva capacitat en Ampers-h (Ah) o miliampers-hora (mAh) que, és el producte de la intensitat del corrent continu subministrat per la bateria pel temps que dura la descàrrega fins a l'esgotament de la mateixa. Generalment s'indica la capacitat per a una descàrrega de 10h a 20°C Piles de composició Niquel i Cadmi originària en la seva funció de recarregable, sent més assequibles econòmicament, però tenen una obsolescència de vida útil reduïda i una capacitat de càrrega limitada per a segons quins usos. Capaç d'alliberar un corrent molt elevat, a causa de que el corrent màxim està limitat per la seva resistència interna. Les bateries de NiMH, de major capacitat que les de NiCd (un 70% més) tenen una resistència interna una mica superior a les de NiCd.

En funció de la seva resistència interna, variarà la intensitat de descàrrega.

Resistència interna per element (mOhms)	Corrent màxima de descàrrega (A)
4	70
5 a 9	30
10 a 12	Menys de 25
12 a 17	Menys de 15

Taula 4. Exemple piles de NiCd [18]

Considerant els tres paràmetres fonamentals en escollir l'acumulador adequat; capacitat, pes i resistència interna. Les piles NiCd estan cada vegada més en desús, a més de l'efecte memòria, afectant la seva capacitat si aquesta no realitza correctament el cicle càrrega-descàrrega.

4.1.3 Efecte memòria

És un efecte en el qual la pila deixa de ser carregada totalment per la seva composició química i aporta senyal que la càrrega està complerta, donant lloc a càrregues inferiors al 90% cada vegada que es genera aquest fenomen. Això es genera degut a la formació de solidificacions del Cadmi que impedeixen que generi el 100% de la càrrega. A més és molt contaminant, ja que el Cadmi és un element químic altament tòxic i perjudicial per al medi ambient. Atès que la pila de NiCd està limitada en capacitat, un temps de vida útil limitat i un nombre de recàrregues reduït en comparativa a les piles de NiMH, s'exclou la instal·lació d'aquest tipus de pila per a la funció requerida en el prototip.

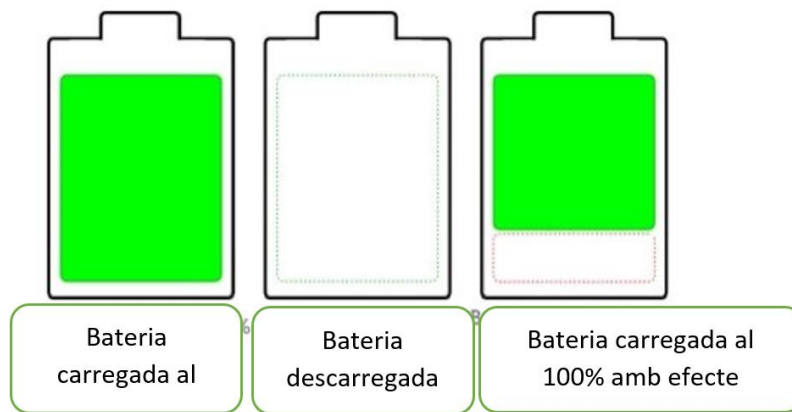


Figura 20. Esquema efecte memòria [31]

piles NiMH

De composició de Níquel-Hidrur metàl·lic, les piles NiMH són el tipus més utilitzat actualment, ja que la seva major capacitat, major temps de vida i el rang de recàrregues si se les compara el NiCd, s'acosta a l'objectiu d'incorporar aquest tipus d'element com a funció d'acumulador per al projecte. A més, són menys contaminants, ja que no utilitzen materials pesats, com el Cadmi. Un altre avantatge d'aquest tipus és la no existència de l'efecte memòria, augmentant encara més la seva vida útil. Una dels desavantatges d'aquest tipus de pila és la seva taxa de autodescàrrega alta, de manera que es desaconsella el seu ús en objectes amb períodes llargs entre usos (com pot ser un comandament a distància o dispositius d'ús intermitent). A més, la velocitat de càrrega de les bateries és més baixa que en les NiCd, a causa de la resistència interna que presenta respecte a la NiCd.

Aquesta resistència fa que augmenti la temperatura interna tant en les càrregues com en les descàrregues, influint negativament segons la seva sensibilitat a aquests augments de temperatura.

Un sobreescalfament pot produir gasos interns i sobrepressions que donen lloc a fuites d'electròlit i pèrdues d'estanquitat, reduint la vida útil de les cel·les i ocasionant en el pitjor dels casos una explosió. L'estat de càrrega total és també més difícil de detectar en les NiMH, de manera que es recomana l'ús de carregadors que especifiquin el seu nivell per carregar bateries de NiMH.

D'aquesta manera s'evita així sobreescalfaments indesitjats. Amb aquest nombre de desavantatges tot i ser millors que les de NiCd, per a la seva instauració en el circuit del projecte, s'opta per un altre tipus de pila amb més capacitat energètica i una alta resistència a la descàrrega, piles de liti.

Piles de li-ion

Compostes de liti i material carbonós, en el càtode és el metall de liti en oxidació i en l'ànode és carbó porós. El liti és un dels metalls més lleugers, té una gran capacitat electroquímica i la major capacitat d'energia per unitat de pes ($W \cdot h / kg$). El Li-ió és una bateria amb un baix cost de

manteniment causa de la seva constitució i millores respecte a les seves predecessores. La pila no té memòria i no cal descarregar-la cada vegada que es vagi a carregar. El preu és considerablement superior respecte a les piles anteriors i la seva durabilitat en cicles no arriba a les de NiCd i NiMH. Això sí, la seva taxa de autodescàrrega és molt baixa, arribant a ser de l'1% anual. Suporten una alta demanda d'energia en components amb rang de funcions elevades. Actualment aquesta tecnologia és la més emprada i la més fabricada, a causa de les expectatives funcionals que ofereixen per a qualsevol dispositiu que requereixi d'unes exigències a l'acumulador.

Sent aquest el model actual més fabricat i utilitzat en base a les seves característiques, la seva implantació com a acumulador per subministrar energia als components del projecte seria de les més adequades en comparativa a les de NiCd i NiMH. Finalment per concloure les piles tenen certs desavantatges genèriques que les exclouen de la seva implantació.

4.1.4 Desavantatges que presenten les piles

Influència de la temperatura

Ja que obté la seva energia de la reacció química de dos compostos és convenient que es conservin a una temperatura compresa d'uns 20 °C. Les altes temperatures acceleren les reaccions químiques arribant a augmentar la seva capacitat i conseqüentment ocasionant vessaments del fluid o explosió de l'element, mentre que les baixes temperatures les alenteixen, minimitzant la pèrdua de potència amb el pas del temps. Per tant un increment tant positiu com negatiu en la temperatura repercuteix en el rendiment i la durada de vida.

Un augment de la temperatura repercuteix en el funcionament d'una pila de tal manera que, a temperatures elevades millora el rendiment mitjançant la reducció de la resistència interna i l'acceleració de la velocitat de la reacció química entre els dos elements, però treballar en aquesta condició escurça la vida de servei si continua durant un llarg període de temps a causa de que en aquestes condicions, també s'accelera la corrosió provocada per l'electròlit (àcid sulfúric).

A diferència de l'augment de temperatura, la disminució d'aquesta, és a dir a temperatures fredes augmenten la resistència interna i disminueixen la capacitat. Les piles que amb una capacitat de 100% a 25 °C en general a -18 °C lliuraran al voltant del 60 per cent.

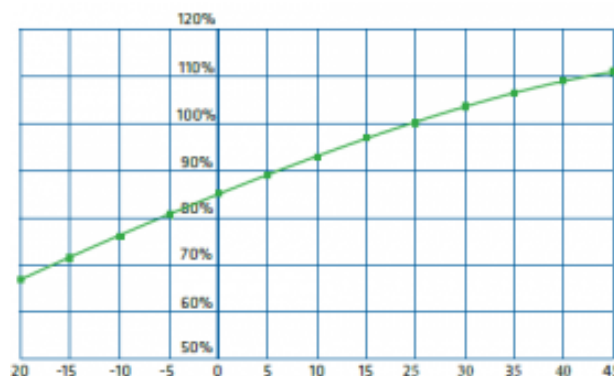


Figura 21. Gràfic temperatura capacitat d'una bateria

En aquesta gràfica surt representada una corba d'acord la capacitat de la pila, es veu afectada per l'increment o disminució de la temperatura, sent la temperatura representada en l'eix horitzontal per graus Celsius i el percentatge de càrrega en l'eix vertical.

Temperatura durant la càrrega

La pila pot recuperar el 100% de la capacitat nominal si la càrrega es realitza a temperatures compreses entre 5 i 25°C. La capacitat de càrrega es veu afectada a temperatures més baixes i a temperatures més elevades (a 45°C només s'arriba al 70% de la càrrega nominal): Sent convenient reduir els temps de càrrega en aquests casos.

Vida útil

La repetició de cicles de càrrega i descàrrega destrueix progressivament l'estructura interna de la pila de manera que la seva vida útil es redueix aproximadament a uns 500 cicles de càrrega i descàrrega completa.

Considerant que una pila ha arribat al final de la seva vida útil quan la seva capacitat real descendeix al 80% de la nominal. La vida útil pot allargar-se si la pila no es descarrega mai per sota del 40% i s'eviten les sobredescàrregues, podent arribar als 1500 cicles en aquestes condicions. En qualsevol cas la vida útil dependrà generalment de:

- Les condicions d'ús les condicions ambientals on actuarà el prototip (temperatures ambient i temperatures del medi marí).
- El nombre de components vinculats amb la baixada d'energia de la pila.

Finalment, les piles alcalines per ser un sol ús ocasionen problemes per al medi ambient, en termes de ser difícils de reciclar per la seva composició química dels elements interns, sense oblidar els químics que s'usen en el seu interior per a la generació d'energia i que fet i fet són d'un maneig complex a nivell mediambiental. són més cares que les piles de zinc-carboni. En cas d'una fuga hi ha perill d'una explosió, o d'una reacció provocant una combustió que en qualsevol cas ocasionaria danys en el model.

Tant les piles i les bateries són acumuladors, però les diferències entre pila i bateria per optar finalment a la implantació d'una bateria resideix en la capacitat de les bateries respecte a les piles. Les piles actualment a nivell comercial la capacitat més trobada és de 2600mAh, hi ha diferents models que aconseguixen fins 3000mAh, però no són comuns donant lloc a la seva utilització sense coneixement de fiabilitat i estabilitat en el seu ús.

Referent a la capacitat, les bateries tenen un rang molt més gran aconseguint capacitats de fins a 100 Ah, segons els components emprats per la funcionalitat del prototip s'obté un rang de consums per la implementació de possibles:

Taula de Consums I	
components	mA
Motor de 12 V de CC	6000*
Sonda lucky laker ff918-cwls	200
Càmera FPV	230
Servomotor	200**
ESC + Receptor	50***
Total	6680

Taula 5. Consum d'una bateria (Font - pròpia)

Taula de consum II	
component	mA
Motor 12V CC	17000****
Sonda Lucky laker ff918-cwls	200
Càmera FPV	230
Servomotor	200
ESC + Receptor	50***
Total	17680

Taula 6. Consum total a velocitat màxima (Font - pròpia)

*Aquest és el consum del motor a una potencia de treball nominal. (velocitat de creuer)

**Valor màxim del consum obtingut.

*** Degut al consum quasi inexistent dels components ESC i receptor s'ha determinat que el total dels dos elements sigui de 50 mA

****Consum dels motors a màxima potència.

Consum potencia nominal

$$C = I \cdot t \rightarrow t = \frac{C}{I} \quad (8)$$

C es la Capacitat Ah

I intensitat mA

T temps en h

$$t = \frac{2200}{6680} = 0.33 \text{ hores} \rightarrow 0.33 \cdot 60 \text{ min} = 19.76 \text{ min} \rightarrow 0,76 \cdot 60 \text{ s} = 45 \text{ s} \quad (9)$$

→ 19 min i 45 segons d'autonomia

Consum a màxima potencia

$$t = \frac{2200}{17680} = 0.124 \text{ hores} \rightarrow 0.124 \cdot 60 \text{ min} = 7.46 \text{ min} \rightarrow 0.46 \text{ min} \cdot 60 \text{ s} = 28 \text{ s} \quad (10)$$

→ 7 min i 28 segons d'autonomia

Un cop realitzat l'estudi, la necessitat d'instal·lar una bateria amb una capacitat de (capacitat de la bateria), no és l'únic punt que dictamina la seva instal·lació sinó que per a obtenir els 12V de funcionament dels components, mitjançant les piles es requereix d'una instal·lació de 8 piles x 1,5 V que subministra cadascuna, a causa que la pila només té una cel·la. Realitzant una instal·lació en sèrie d'aquestes per assolir els 12V i obtenint la mateixa capacitat (segons la pila), de tal manera que augmentaria el cost per element i l'espai requerit en el model.

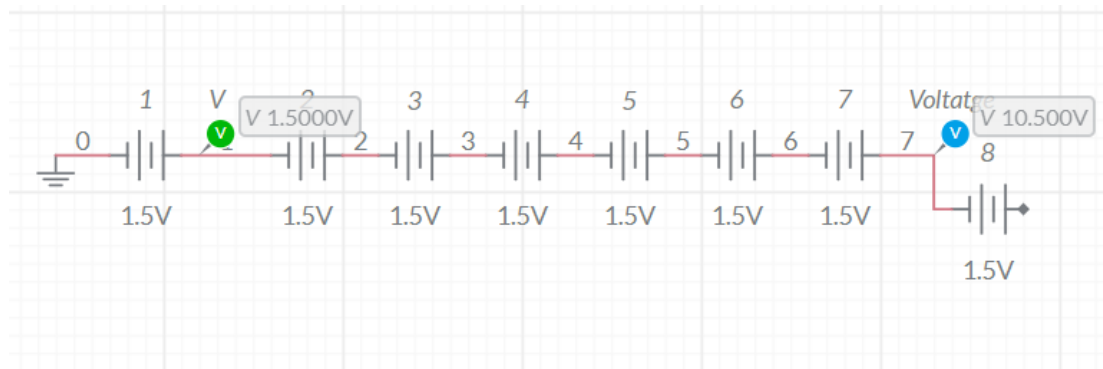


Figura 22. Representació Multisim simulant la connexió de les 8 piles (Font - pròpia)

Una altra característica que diferencia les piles i les bateries és la autodescàrrega. Les primeres mantindran la seva càrrega elèctrica durant anys, mentre que les bateries poden arribar a perdre un percentatge important de la càrrega en un mes, si aquestes no tenen un bon manteniment i segons el model i tipus de bateria.

No obstant això, ampliant l'estudi comparatiu de l'acumulador adequat, hi ha bateries l'aplicació és específica per models comandats per ràdio-freqüència, tals que hi ha diversos tipus amb les seves característiques i funcions segons el model requerit.

4.2 Bateries

Una bateria elèctrica, també anomenada pila o acumulador elèctric, és un artefacte compost per cel·les electroquímiques capaç de convertir l'energia química en el seu interior en energia elèctrica, mitjançant l'acumulació de corrent. D'aquesta manera, serveixen per alimentar diferents circuits elèctrics, components, etc.. Depenent de la seva grandària i potència s'aconsegueix un major o menor subministrament.

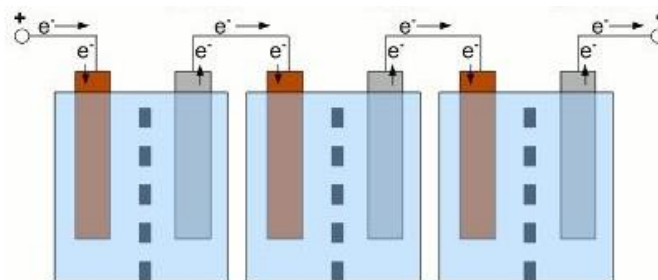


Figura 23. Bateria cel·les en sèrie [25]

Una bateria està constituïda per diverses cel·les o gots, cadascuna d'aquestes cel·les és un acumulador o concretament realitza la funció d'una pila per si mateixa. En la unió de diverses cel·les en sèrie, unint pol positiu de la primera cel·la amb el pol negatiu de la segona i així successivament, obtenim una bateria, generant un sumatori de voltatges entre cel·les. Aconseguint un acumulador o bateria que té més tensió o voltatge que una sola cel·la. Per exemple, una bateria emprat en el món de l'automòbil de 12V és un conjunt en sèrie de 6 cel·les de plom-àcid de 2V cadascuna.

El principi fonamental d'una bateria consisteix en les reaccions d'oxidació-reducció (redox) de certes substàncies químiques, una de les substàncies perd electrons (s'oxida) mentre l'altra guanya (es redueix), podent retornar a la seva configuració inicial donades les condicions necessàries: aportació d'electricitat (càrrega) o el tancament del circuit (descàrrega)

Les bateries es constitueixen de cel·les químiques que presenten un pol positiu (càtode) i un altre negatiu (ànode), així amb l'electròlit permet el flux elèctric cap a l'exterior. Aquestes cel·les converteixen l'energia química en elèctrica, mitjançant un procés irreversible (pràcticament), un cop consumat, esgota la seva capacitat per rebre energia. En això es distingeixen dos tipus de cel·les:

- **Primàries:** Aquelles que, un cop realitzada la reacció, no poden tornar al seu estat original, esgotant així la seva capacitat d'emmagatzemar corrent elèctric, a causa de la reacció química que es genera a la cel·la.
- **Secundaries:** Els tipus de cel·les que poden rebre una aportació d'energia elèctrica per a restaurar la seva composició química original, podent així ser emprades nombroses vegades abans d'arribar al seu obsolescència.

Segons la composició interna de les bateries i per a la funció que desenvoluparan, hi ha diversos tipus per a l'aplicació de components comandats mitjançant ràdio control. Aquestes bateries es distingeixen per la seva composició interna, donant lloc a diferents característiques avantatjoses o no respecte la funció desitjada. Aquests tipus són:

NiCd (Bateria de Níquel Cadmi)

La composició d'aquesta bateria és idèntica a la de les piles NiCd, obtenint les mateixes desavantatges que presentava a la pila com, l'efecte memòria, menor temps de vida útil, una menor capacitat que la resta i l'alta contaminació per la composició del Cadmi que és un element químic altament tòxic i perjudicial per a l'ecosistema. Les bateries de NiCd donen un potencial de 1,3V per cel·la i els cicles de càrrega oscil·len entre 1.000 i 1.500 cicles.



Figura 24. Bateries NiCd [29]

NiMH (Bateria de Níquel Metal Hidrur)

Per a aquest tipus de bateria la millora respecte a la de NiCd és l'ús d'un ànode de oxihidróxido de Níquel (NiOOH), com en la bateria NiCd, però el càtode és un aliatge d'hidrur metàl·lic. Aquest aliatge permet eliminar el cadmi, molt car i molt contaminant per al medi ambient.

Amb una millora significativa de la capacitat de càrrega arribant a ser 2 o 3 vegades superior a la seva predecessora, una reducció de l'efecte memòria gairebé inexistent per mal ús, o de formació de sòlids per a aquest tipus de bateria. Les bateries de NiMH són capaces d'alliberar un corrent molt elevat, a causa de que el corrent màxim està limitat per la seva resistència interna.

Són de major capacitat que les de NiCd (aconseguint fins a un 70% més) en canvi la resistència interna és una mica superior a les de NiCd limitant el seu ús en aplicacions d'alta potència i en el moment de la càrrega no és tan ràpida com les NiCd per culpa d'aquesta resistència i pel risc d'augmentar la temperatura interna, a causa de la sensibilitat a la calor si es carrega a una major capacitat que la de la bateria donant lloc a fuites d'electròlit i pèrdues d'estanqueïtat.



Figura 25. Bateria de NiMH [37]

Ion-Litio (Bateria d'ions de Liti)

Hi ha diverses composicions segons el material catòdic (material emprat en el càtode), com l'òxid de cobalt, òxid de manganès o fosfat de ferro. La bateria d'òxid de cobalt/liti té l'avantatge d'una alta densitat d'energia, però influeix en greus problemes de seguretat per explosió o deflagració. La bateria de liti/òxid de manganès és la més utilitzada per les seves característiques de funcionament i seguretat però el seu mal rendiment a altes temperatures és el seu punt feble, mentre que les de liti/fosfat de ferro té les millors característiques de seguretat, un major cicle de vida llarg (mes de 2000 cicles) i una bona disponibilitat.

De bateries recarregables amb base de liti actualment existeixen a dues composicions químiques similars: cilíndriques/tubulars d'ió de liti (Li-Ion) i de geometria plana de polímer de liti (Li-Po) [11]. Les dues produeixen entre 3,6 i 3,7 volts per cel·la. La utilitat de les comunament bateries de LiPo son molt més pràctiques per la implementació a projectes configurats amb una propulsió mitjançant motors elèctrics.

Les bateries de liti proporcionen més densitat energètica que les bateries de níquel augmentant aquest nombre d'entre 5 a 12 vegades, donant lloc a una major autonomia de bateria en un disseny més lleuger, ja que el liti és el metall més lleuger que existeix.

En comparativa les bateries de liti és l'acumulador més adequat per a aplicacions amb consums superiors a 3 Ah i garanteixen un densitat d'energia per subministrar a tots els elements amb la suficient capacitat per aconseguir un funcionament adequat per al desenvolupament del prototip. Tot i aconseguir ser la bateria més òptima per al seu objectiu, té limitacions que requereixen d'especial atenció per aconseguir un ús adequat de les seves prestacions.

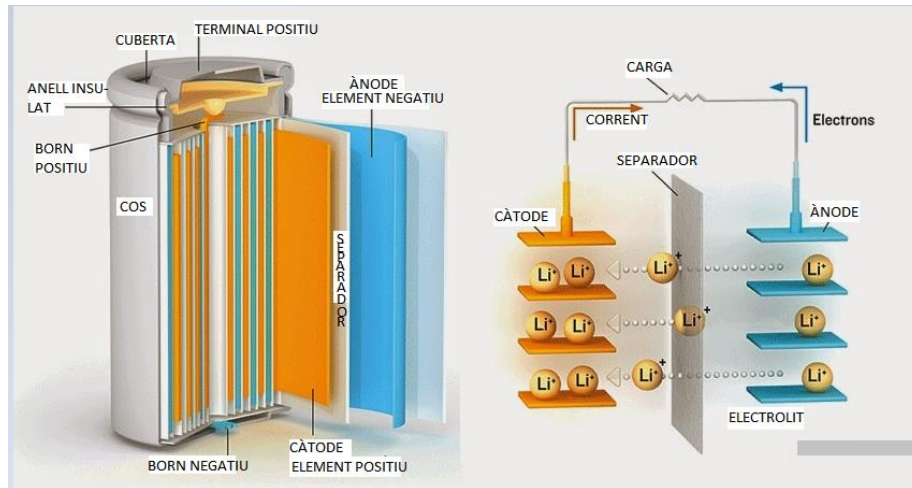


Figura 26. Representació interior d'una pila [30]

Aquest tipus de bateria presenta uns avantatges respecte a la resta de bateries que les caracteritza com la millor opció per a la seva implementació:

- Una elevada densitat d'energia: Acumulen molta major càrrega per unitat de pes i volum, donant lloc a menor cost, menor pes i major durada.
- Poc pes: A igualtat de càrrega emmagatzemada, són menys pesades i ocupen menys volum respecte a les de tipus Ni-MH i molt menys que les de Ni-Cd i Plom.
- Alt voltatge per cèl·lula: Cada bateria proporciona 3 o 3,6 / 3.7 volts, el mateix que tres bateries comuns de Ni-MH o Ni-Cd (si aquestes són de 1,2V cadascuna).
- L'efecte memòria està totalment abolit, sense cap tipus de conseqüència sobre l'ús de la bateria.
- Durant tota la descàrrega, el voltatge de la bateria varia molt poc, aconseguint una descàrrega lineal. Un avantatge, per controlar i saber la càrrega que emmagatzema la bateria.
- Molt baixa taxa d'autodescàrrega quan s'emmagatzema la bateria, es descarrega progressivament. En el cas de les bateries de Ni-MH, aquesta auto descàrrega arriba a més d'un 20% mensual. En el cas de Li-Ion està al voltant d'un 6% en el mateix període.

Per contra hi ha una sèrie de desavantatges amb una necessitat de control i manteniment, necessàries per a un correcte estat i ús d'una bateria de liti:

- Durada mitjana, depenent de la quantitat de càrrega que emmagatzemin, i independentment de l'ús, aproximadament 500 cicles.
- Tenen una vida útil d'uns 2/3 anys o més si s'emmagatzemen amb un 40% de la seva càrrega.
- Suporten un nombre limitat de càrregues: entre 300 i 500, menys que una bateria de Ni-Cd / Ni-MH.

- La seva fabricació és més costosa que les de Ni-Cd / Ni-MH, encara que avui en dia la seva fabricació està per sobre de la resta, segueixen sent materials costosos per a la seva confecció.
- Pitjor capacitat de treball en fred, ofereixen un rendiment inferior a les bateries de Ni-Cd / Ni-MH a baixes temperatures, reduint la seva durada fins a en un 25%

LiPo (Bateria de Polímer de Liti)

Les bateries de polímer de liti o "LiPo" són una variant de les bateries d'ió de liti. El disseny basat en polímers ajuda a eliminar la caixa metàl·lica de les bateries de liti tubulars, el que les fa més lleugeres i ideals per a telèfons mòbils, ordinadors de butxaca i altres dispositius electrònics similars. Hi ha moltes configuracions de voltatge que es componen de X cel·les en sèrie que multiplicat per 3.7V ens donen el voltatge total de la bateria.

Aquestes bateries han de ser carregades amb carregadors específics per LIPO, no valen altres tipus de carregadors, ni ràpids ni lents, ja que el mètode de càrrega és molt particular, és molt recomanable utilitzar un carregador amb balanç de càrrega per a cada cel·la, a causa de la necessitat de carregar-se de la mateixa manera per mantenir el mateix amperatge i voltatge. En resum i concretant la utilització de la bateria més adequada a la necessitat del projecte, caracteritzant la nomenclatura i les funcions bàsiques, s'obté de 5 aspectes essencials que defineix l'ús i de la implementació d'una bateria LiPo per al prototip. Aquests es presenten en els següents apartats.

4.2.1 Capacitat

En relació a la capacitat d'emmagatzematge que tenen les bateries LiPo, va en funció del nombre de cel·les que consta l'acumulador. Segons la capacitat requerida per a l'operativitat dels components, el voltatge i l'amperatge pot ser seleccionat mitjançant les característiques que ofereix una bateria o mitjançant la connexió de diverses tant en sèrie com en paral·lel. Atès que la capacitat reflecteix la quantitat d'energia que emmagatzema la bateria en mAh.

La capacitat de càrrega o descàrrega de la bateria ve limitada per la ràtio (C), si una bateria de 2400mA i amb aquesta limitació "C de ràtio", admet una descàrrega màxima de 2.400mA, és a dir que es pot connectar una càrrega màxima de 2.4a, el mateix passa amb la ràtio de càrrega però en el procés de recàrrega, el mateix passa amb la càrrega, és el màxim de corrent que es pot carregar una bateria.

De tot això es dedueixen, primerament, que no és bo deixar esgotar totalment una cel·la de la bateria per sota de 2.75v ja que quan tots els ions formen l'àtom estable, és més difícil i es necessita més energia per iniciar la ruptura dels àtoms i per tant la càrrega, amb el consegüent perjudici per a l'estructura de cel·les i el seu esgotament total. Amb una vida útil d'entre uns 400/500 cicles de càrrega-descàrrega

Atès que la capacitat identifica el temps operacional de funcionament, aquest es veurà afectat per la variable de consum dels components i la capacitat total de l'acumulador. És a dir si el còmput de tots els components genera un consum de 2A i es proporciona una bateria de

2000mAh, s'obté un temps operacional teòric d'1 hora. Aquests mAh poden arribar a doblgar-se, triplicar-se, etc .. si es realitza una connexió en paral·lel, de tal manera que:

Connexió en sèrie:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (11)$$

Segons la fórmula que determina que el voltatge total és la suma dels voltatges dels elements, s'obté que la connexió de bateries en sèrie augmentarà el voltatge total.

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n \quad (12)$$

No obstant la intensitat en no dividir-se per cap ramificació, el corrent total és la mateixa és a dir, el corrent que circularà pel circuit serà la subministrada per una bateria.

Connexió en paral·lel

$$V_T = V_1 = V_2 = \dots = V_n \quad (13)$$

Amb la connexió en paral·lel entre acumuladors, permet obtenir una major capacitat d'emmagatzematge per subministrar als components. Amb aquest tipus de connexió el voltatge nominal serà el mateix sense contemplar el nombre de bateries que s'afegeixin.

$$I_T = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (14)$$

En aplicar aquest tipus de connexió la capacitat de cada acumulador es sumarà tantes vegades com acumuladors s'apliquin, tal que així, aplicant 2 bateries com la de la imatge, connectades en paral·lel, resultaria en una capacitat de:

$$I_t = 850mAh + 850mAh = 1700mAh \quad (15)$$



Figura 27. Bateria LiPo de 850 mAh [37]

4.2.2 Voltatge

Definint el concepte de voltatge com una diferència de potencial (o diferència del nivell d'energia) entre dos punts que provoca que hi hagi un moviment d'electrons, i així permet un corrent elèctric. Si no hi ha un voltatge aquest flux de corrent és nul.

Amb una capacitat determinada per al projecte, si aquesta no va acompanyada d'una diferència de potencial per fer circular aquesta intensitat, no s'obté cap efecte sobre els components. Llavors s'obté que segons la composició de cel·les de l'acumulador compondrà un nivell de tensió determinat.

La funció de les cel·les és igual a les connexions de bateries (sèrie / paral·lel), així que una connexió en sèrie de cel·les generarà un increment en voltatge necessari per al funcionament del circuit.

Cada cel·la té un voltatge nominal de 3.7V, si aquestes es connecten en sèrie la tensió en borns es multiplicarà per X cel·les que es connectin entre si, utilitzant la LiPo de la imatge es localitza una nomenclatura "3S" que indica el nombre de cel·les (3) i la seva connexió en sèrie (S), aconseguint un voltatge nominal de 11.1V. Aquest voltatge és l'idoni per aconseguir una bona corrent elèctric en el circuit implementat del projecte, pel fet que tots els components treballen a 12V.

4.2.3 Taxa de descàrrega

Mitjançant el càlcul del consum dels motors en funció de la potència que desenvolupen, la mida i pes del model que s'ha de propulsar i el nombre de components que seran proveïts per al seu funcionament, tot això requereix d'una bateria capaç de suplir aquest consum durant un temps determinat.

Mitjançant la bateria de la imatge s'és capaç de subministrar 850 mA per hora, tot i això es pot aconseguir una descàrrega de 25C de continu, vol dir que, la capacitat que determina aquesta bateria LiPo multiplicada pel nombre que facilita el fabricant que és capaç de descarregar la bateria sense cap problema, és a dir:

$$25 \cdot 850mA \cdot h = 21250mA = 21.25 A \quad (16)$$

Aquesta és la quantitat d'intensitat màxima que pot subministrar contínuament sense que es vegi afectada la bateria, de manera que la capacitat és igual a la intensitat multiplicat pel temps de descàrrega s'obté una reducció del seu temps operatiu tal que:

$$Q = I \cdot T \rightarrow T = \frac{Q}{I} \quad (17)$$

$$T = \frac{850mAh}{21250mA} = 0.04h \cdot 60 \text{ min} = 2.4 \text{ min} \quad (18)$$

Amb una descàrrega contínua de 21,25A, la durabilitat de la bateria és de 2 minuts i 24 segons. Una altra dada que el fabricant indica que podria proveir la bateria és el de descàrrega discontinua o de bec. Aquesta dada informa que l'acumulador és capaç de descarregar durant un període curt de temps (normalment al voltant de 5 seg) 50C, aquesta característica indica que és el màxim subministrament d'energia que pot donar la bateria sense arribar a danyar-se o patir algun contratemps.

$$50 \cdot 850mAh = 42500mA = 42.5A \quad (19)$$

Aplicant la formula anterior per obtenir el temps operatiu:

$$T = \frac{850mAh}{42500mA} = 0.02h \cdot 60min = 1.2min \quad (20)$$

Realitzant un consum per part dels components del circuit de 42.5A, l'acumulador duraria 1 min 12 segons, però, segons el fabricant aquestes descàrregues han de ser controlades per evitar que es generin diverses durant el mateix període de descàrrega, evitant sobreescalfaments i perllongar la durabilitat de la bateria. Tot això és teòric pel fet que el consum no és lineal és a dir constant en tot el temps i els temps es veuran afectats segons la càrrega vagi absorbint la bateria.

4.2.4 Taxa de càrrega

La càrrega d'una bateria Lipo requereix d'un carregador específic pel que si no indica que és per carregar bateries de Lipo no es pot aplicar mai per a aquest propòsit. Una de les característiques principals de la seva càrrega és l'equilibrat.

Aquest concepte va orientat cap a la càrrega de les cel·les que conjunten la bateria, pel fet que durant el procés de càrrega unes quedin més carregades que altres, o arribin aquests nivells de tensió a major velocitat que les cel·les contigües. Quan una cel·la està ja carregada i la resta no, la quantitat "extra" d'energia que li arriba la converteix en calor (al final de la càrrega algun element pot estar més calent per aquest efecte). El problema més greu és si es continua el subministrament tal que incrementa el nivell d'energia un cop carregades, pot derivar en un accident, a part que aquestes sobrecàrregues contribueixen a danyar la bateria i reduir el cicle de vida.

Per controlar si una cel·la de bateria LiPo està en desequilibrat respecte a les altres, mitjançant un voltímetre serveix per mesurar la tensió en borns de cada element, quan l'acumulador està carregat. Si hi ha una diferència superior a 0,1V entre elements llavors es considera que hi ha principi de desequilibri. Hi ha un component que mostra l'estat de les cel·les de tal manera que a través del connector de càrrega i amb una precisió de $\pm 0.01V$ el nivell de càrrega de les cel·les es veurà reflectit en el "display".



Figura 28. Display bateria LiPo [37]

A l'hora de carregar la bateria no s'ha de sobrepassar per sobre del seu amperatge nominal. És a dir, si la bateria és de 850mAh la càrrega mai ha de superar aquest emmagatzematge.

D'altra banda tenen 2 preses de cables, una d'aquestes preses és un connector rectangular blanc. Aquest connector es denomina balancejador i s'utilitza per carregar la bateria. Els carregadors per a les LiPo tenen unes entrades específiques per inserir aquest connector i s'utilitza per aconseguir que tots els elements que formen l'acumulador o bateria es carreguin per igual i aconseguixin tenir el mateix amperatge i sobretot voltatge.



Figura 29. Connector balancejador [37]

S'ha d'utilitzar aquest connector per carregar les LiPo, pel fet que es pot sobre carregar algun element respecte a un altre i que a l'hora d'utilitzar aquesta bateria un dels elements es descarregui més del compte i es vegi afectat a nivell d'electròlit, entre altres afectacions, ja que a l'hora de la càrrega es pot incrementar la temperatura d'una de les cel·les respecte a l'altra provocant danys interns o deflagracions.

4.2.5 Manteniment

En l'aspecte de cures, supervisió de l'estat, correcte funcionament i/o emmagatzematge de la bateria de LiPo, hi ha punts necessaris d'un control més exhaustiu que altres, com ara el control del nivell de càrrega de les cel·les i el funcionament / emmagatzematge en zones on la temperatura està al voltant dels 0°C o supera els 40°C de temperatura.

Quan hi ha el desequilibri en el *pack*, es deu a algun element que ja està defectuós. Normalment s'intenta recuperar el *pack* realitzant un equilibrat dels seus elements, però en aquests casos i tenint en compte la cura que cal tenir en la manipulació d'aquestes bateries, és preferible no fer-ho i rebutjar la bateria a causa dels problemes que pot generar.

4.2.6 Passivació

Durant el període que l'acumulador aquesta emmagatzemat i no és carregat ni descarregat, pot produir-se l'efecte de "passivació", és un efecte que es produeix quan durant un temps determinat s'ha tingut sense utilitzar, consisteix en la generació d'una fina pel·lícula de clorur de liti (LiCl) que es forma en la superfície de l'ànode, tal que així, evita la autodescàrrega, durant el temps que no s'utilitza. Sent fins i tot beneficiós perquè actua com una resistència davant la descàrrega.

El que passa és que quan s'ha inutilitzat per un període de temps molt prolongat, la capa que s'ha generat pot ser el massa gruixuda com per fer que la bateria no pugui realitzar un flux correcte d'electrons. Pel que és necessari disminuir aquesta capa fins a un límit que sigui moderat, per evitar exposar a una major taxa del fenomen d'auto-descàrrega.

El que es formi una capa més o menys quan ha estat emmagatzemada, depèn de la pròpia bateria (característiques) i també de factors com:

- El temps en desús (com més temps més gran és la capa) [7]
- La temperatura d'emmagatzematge (a major temperatura major increment de la capa)
- La tensió de la bateria (a major voltatge, més ràpid es forma la capa)

Per anar reduint aquest fenomen, s'han de realitzar diversos cicles de càrrega i descàrrega (segons el gruix de la pel·lícula que s'hagi creat).

Protecció en descàrrega

La capacitat real d'una bateria és la que s'indica superficialment en el cos, la capacitat que s'indica en les bateries solen ser la qualificada pel fabricant, llavors la real sol obtenir-se mitjançant l'ús d'un indicador per comprovar l'estat del nivell de voltatge un cop es a carregat.

4.3 Selecció final

Bàsicament les bateries de LiPo són la millor opció en comparativa amb la resta degut a que té el mateix pes que una NiMH i té més capacitat amb més taxa de descàrrega, per concloure l'estudi sobre l'elecció de la millor font d'alimentació, d'adopten certes recomanacions:

- Mai s'ha d'adquirir un pack amb cel·les de diferent amperatge o capacitat
- Mai descarregar un element de LiPo per sota de 3.5v. Evitar una carregar una LiPo a major amperatge que el seu amperatge nominal. [7]
- Deixar un temps de repòs entre la càrrega i la descàrrega i viceversa. [7]
- Una bateria de LiPo que és sobre-descarregada o sobre-carregada es fa malbé de manera irrecuperable. [7]

- Si ha augmentat de volum estructuralment és degut al fet que s'ha descarregat o carregat de manera incorrecta. És una LiPo perillosa i inestable i ha de ser portada a un punt de reciclatge de bateries. [24]
- Utilitzar sempre un carregador específic per a la seva càrrega. [24]
- Utilitzar sempre el connector de balanceig d'elements de les bateries per a la seva càrrega. [24]
- Seguir sempre les indicacions del fabricant de la bateria i del carregador, per controlar els processos de càrrega i descàrrega. [24]
- Implementar connectors d'alta capacitat (tipus T-Dean, bananes or, etc)
- Control en la càrrega de la bateria i comprovació de temperatura durant aquesta, per assegurar el correcte estat davant un possible incident a la càrrega.
- Verificar la correcta connexió al circuit evitant curtcircuits i mal funcionaments.

Font d'alimentació per el monitor de la sonda

Per fer possible la configuració escollida per monitoritzar la sonda és requereix com a font d'alimentació una bateria de 12V. Segons les característiques de funcionament del monitor on s'exposa el senyal rebut per la sonda, aquest només arriba a un consum aproximat dels 200 Mah.

El consum tan reduït garanteix una durabilitat de projecció elevada, no obstant i a diferència del estudi realitzat per escollir un acumulador per el prototip, la bateria seleccionada per subministrar corrent a la pantalla és del tipus Plom-àcid.

Aquesta elecció ve determinada per el tipus de connexió fàston que té instal·lada la pantalla per rebre la tensió. Evitant de modificar el connexionat i segons la descarrega de corrent necessària, no requereix d'un acumulador amb unes característiques de descàrrega determinades.

Per tant l'aplicació d'una bateria de Plom-àcid soluciona el subministrament de corrent per el monitor. Existeixen molts tipus d'acumuladors de Plom-àcid, segons el voltatge, la capacitat, el manteniment, etc.. Només es requereix del voltatge nominal de 12V necessaris per la pantalla i una capacitat suficient per subministrar ampers i despreocupar-se del nivell de carga quan se està operant amb el prototip

El Funcionament es basa en unes plaques de plom i òxid de plom que es troben submergides en una solució d'àcid sulfúric que fa d'electròlit. L'ús d'aquestes bateries es generalitza en l'àmbit automobilístic, degut a la necessitat de gran corrent en el moment de l'encesa del vehicle, envers això té més aplicacions. [24]

Es subdivideixen en cel·les com les bateries LiPo, però aquestes per la seva constitució emmagatzemen 2V per cel·la. Per obtenir els 12V requerits del monitor es decanta per una bateria de 6 cel·les.

Segons l'estudi de mercat qualitat/preu es troben preus compresos entre els 10 i 20 euros de bateries de 12V i 7Ah, determinant una adquisició econòmica per la funció a desenvolupar, ja que només es requereix una font d'alimentació capaç de subministrar ampers per mantenir la pantalla operativa sense haver de controlar la capacitat.

L'únic manteniment necessari és carregar la bateria segons les hores de treball realitzades.

Finalment i mantenint un control de les hores de treball, l'adquisició d'aquest tipus de bateria, encara que el seu ús principal es per el pic de descàrrega que pot arribar a assolir, garanteix un subministrament de corrent i una funcionalitat òptima per les especificacions del monitor



Figura 30. Bateria plom-àcid sulfúric [37]

Capítol 5. Sonda

La sonda és l'element principal del projecte, ja que permet explorar el fons dels llacs i rius i detectar qualsevol anomalia, que és la principal funció / finalitat del prototip. Existeixen diferents tipus de sondes, en aquest cas ens centrarem en les sondes nàutiques, en aquest medi cal tenir en compte la velocitat del so varia en funció de la densitat, temperatura i pressió i dins d'aquestes les més modernes i precises les eco sondes, per aquestes sondes la longitud d'ona compren les sòniques i les ultrasòniques. El principal element de les sondes son els transductors, també s'ha de tenir en compte diferents conceptes com la freqüència, la potencia les interferències o el soroll

5.1 Funcionament

Per l'exploració sota l'aigua s'utilitzen eco sondes, que basen en el principi de del moviment de les ones a través d'un medi i l'efecte doppler. En trets generals l'equip emet una ona sonora (pols) a través del transductor a una determinada freqüència cap al fons , d'aquesta manera es pot establir la profunditat segons el temps que triga la ona a arribar al fons i rebotar. Cada cop que es troba un objecte altera l'ona original i aquesta és captada pel transductor. Per altre banda la intensitat en que rebotja pot indicar la densitat i mida de l'objecte.

Per tant ja es té en compte dos un doble efecte, per una part es té en compte el temps de "viatge" i per altre l'alteració (velocitat, intensitat...). Per aconseguir-ho utilitzen freqüències determinades per potencies especificues. [57]

Els transductors es poden adaptar segons necessitats i modificar on dirigir el feix d'ones.

- Factors que afecten la mesura de la profunditat
 - Ecos múltiples
 - Banc de peixos
 - Canvis bruscos de salinitat
 - Temperatura que desvia la llum
 - Grans concentracions de material en suspensió

Transductors

Son els aparells encarregats de transformar la senyal elèctrica en una emissió d'ona sonora i rebre l'ona rebotada, que la convertirà en impulsos elèctrics i l'enviarà a la unitat de procés. El transductor consta d'un disc de vidre o de ceràmica piezoelèctrica que quan estan sotmesos a una tensió es deforma i torna al seu estat original a gran velocitat i de forma successiva produint una vibració. Aquesta vibració surt dels transductor en forma de con amb un angle determinat. La ona pot fer tres camins: atenuar-se al ser absorbida per un objecte, dispersar-se o rebotar al fons i tornar al transductor, quan això passa, al arribar al transductor origina una vibració que

es transforma en una diferencia de potencial, que envia al processador que ho interpreta com imatges i estructura d'objectes i fons.

Característiques dels transductors

- La temperatura a la que es produeix l'efecte piezoelèctric
- Mòdul piezoelèctric d , que determina les variacions de l'espessor en funció de la tensió aplicada.
- Constant de pressió piezoelèctrica determina la capacitat de recepció del cristall als ultrasons per produir una tensió, quantifica el procés de variació de la pressió rebuda, variacions en l'espessor i de la tensió produïda.
- Coeficient d'amortització

Els transductors es poden classificar segons el numero de discos piezoelèctrics i la freqüència:

- Un disc de piezoelèctric:

Vibren en una sola freqüència, estan dissenyats per vibrar a 50 o 200 kHz alternativament. Com més cristalls més qualitat de de l'eco i major discriminació entre ecos. (menor factor millor qualitat).

- Múltiples discos piezoelèctrics:

Cadascun dels discos vibra una independentment a una freqüència determinada, com més discos més augmenta la sensibilitat del transductor.

- Factor Q

El factor Q és un paràmetre que indica la relació entre l'energia reactiva que emmagatzema i la que es dissipa en el transcurs d'un cicle complet de la senyal d'un transductor ens indica el nivell de qualitat, els valors poden anar des de 1 fins a 35, sent 1 el més alt. Aquest valors depenen del principalment del numero i la qualitat de discos piezoelèctrics que porten els transductors

5.2 Característiques

5.2.1 Freqüència

La freqüència d'una ona es el numero de vegades que es genera la ona per unitat de temps o el numero de cops que es repeteixen les alteracions per segon.

La freqüència es inversa a la longitud de l'ona, com més ones es produeixen per segons més curta es la distancia entre ells i també es inversa a la distancia, una ona baixa freqüència arriba més lluny que una d'alta freqüència, aquests concepte s'aplica per determinar el treball de la sonda segons la profunditat del fons.

Les freqüències poden anar de:

- 50 Khz-240 Khz son les freqüències més "tradicionals" i utilitzades, les mes baixes ens permeten calcular a mes profunditat en deteriorament de aclarir detalls, a mida que van augmentant serveixen per poca profunditat i distingir objectes amb més claredat.
- 260- 800 Khz aquestes freqüències el nivell d'alta resolució i nitidesa es molt gran

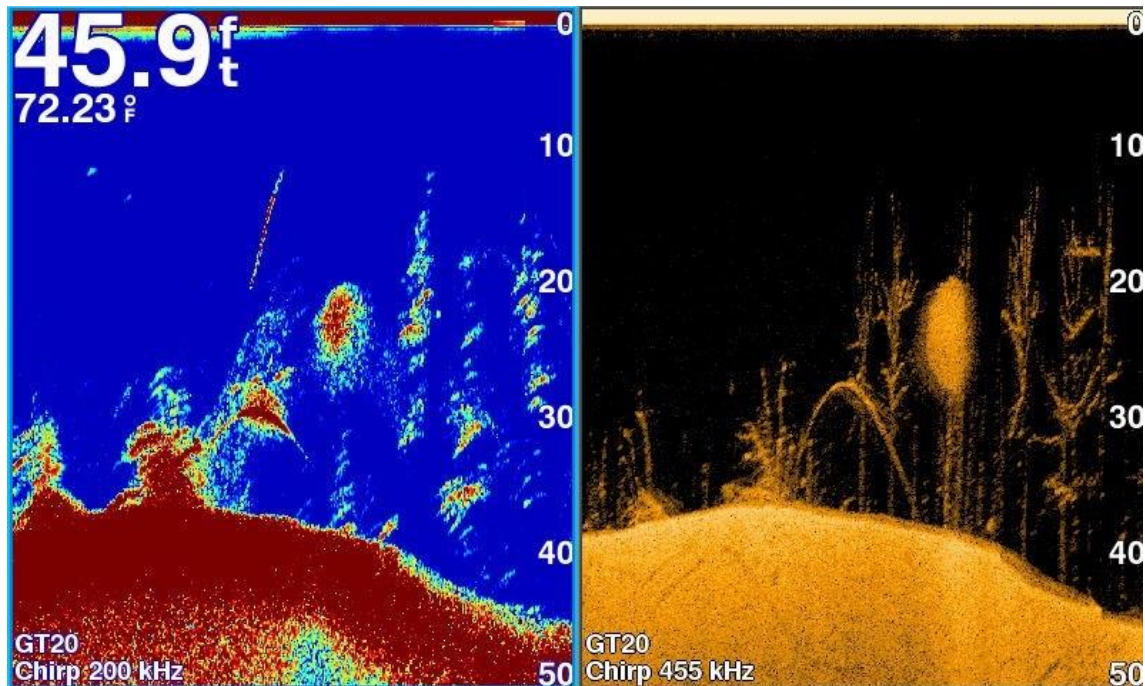


Figura 31. Diferencia de resolució, imatge de l'esquerra a 200 KHz i dreta 455KHz [57]

5.2.2 Diplojer

Es un dispositiu que al rebre un impuls elèctric en una freqüència desvia la senyal al cristall del transductor correcte.

- Transductor mono freqüència:
Son aquells que només poden emetre i rebre una sola freqüència cada cop.
- Transductor multifreqüència
Tenen dues antenes que els permet rebre senyals de dues freqüències diferents.

Localització en el casc

- Transductors de casc, s'ha de foradar l'obra viva del casc, la versió interna s'instal·la dins del cas però perd qualitat d'imatge
- Transductors de popa es col·loca a "mirall de popa" sense que li afecti la propulsió, la instal·lació no requereix perforar el casc, inconvenient de mostrar imatges de popa i no de proa.

5.2.3 Potència

La potència permet que la freqüència de l'ona sigui més intensa i no es deteriori durant el recorregut

- Potència efectiva o RMS potencia real entregada en tot moment i és útil
- Potència de punta potencia màxima que l'equip podrà entregar en moments puntuals

5.2.4 Angle de visió

El transductors emet la senyal en vertical i en forma de con, l'angle que es forma en el punt més alt es l'anomenat angle de visió, i d'aquesta manera es qui proporciona la informació necessària que ens indica la cobertura de la zona subaquàtica que s'observa. Aquest angle esta determinat per la freqüència, com més gran es la freqüència mes petit es l'angle d'emissió i a la inversa, com menor es la freqüència més gran es l'angle d'emissió. Això fa que treballar a major freqüència el con sigui més precís i arribi a major profunditat, però en menys espai. Així dons segons la profunditat i els detalls que es vulguin observar variaran en funció de la freqüència desitjada.

50 KHz	77-83 KHz	200-240 KHz
Gran angle del con	Angle del con mitjà	Angle del con petit
Fons a gran profunditat	Profunditat mitjana	Baixa profunditat
Baixa definició d'imatge	Definició d'imatge mitjana	Alta definició d'imatge
Baixa separació	Mitja separació	Bona separació dels objectes

Taula 7. Característiques segons angles d'emissió [57]

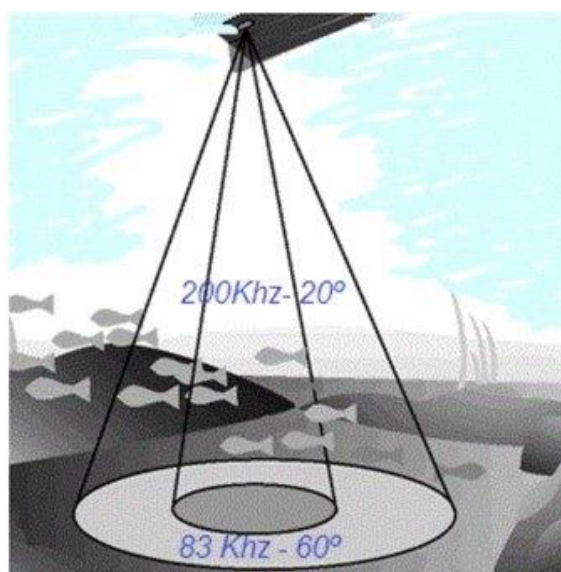


Figura 32. Diferencia angle d'emissió [57]

5.2.5 Problemes

- Soroll: apart de l'eco produït per l'ona original els transductors poden captar qualsevol altre ona produïda per alteracions de l'aigua com poden ser la cavitació, el moviment de les hèlices, emissions d'àudio, augment de concentració de plàncton o algues.
- Interferències: en cas de que dues eco sondes estan funcionant en zones molt pròximes i a la mateixa freqüència.

5.2.6 Aspectes a tenir en compte

- Garantir que la zona on s'ha d'instal·lar la sonda l'aigua estigui neta, sense turbulències i tingui un flux fluid.
- Assegurar-se que el feix de llum que emet la sonda no s'hi interposa per cap part de l'obra viva com la hèlice per exemple.
- Evitar les zones mes propenses a formar turbulències

5.3 Sonda LUCKY LAKER FF918-CWLS

La sonda utilitzada en el projecte esta condicionada al pressupost i s'ha optat per la més assequible ja que l'objectiu principal es la demostració de que compleix la funció. Les principals característiques tècniques que ha de complir son principalment la profunditat suficient per a llacs i embassament al voltant dels 100 m, i que sigui inalàmbrica per poder transmetre les dades a distancia fins la zona de control establert prèviament. S'ha de tenir en compte llavors la freqüència a la que s'emeten per evitar interferències amb les freqüències de la càmera del les de radio control. D'acord amb les característiques exigides i tenint en compte el cost el rang es redueix a les denominades *fish finders*, tot i que hi ha sondes capaces de mostrar imatges tridimensionals o amb funció multiús amb cartes de navegació, radars ... econòmicament es poden moure en entorns de fins a 2.000,00 €.



Figura 33. Monitor i sonda Lucky Laker FF918-CWLS [37]

La sonda seleccionada és una LUCKY LAKER FF918-CWLS, capaç de treballar en amb una tensió de 12 Volts adient per a les nostres bateries. La unitat principal treballa a una alta freqüència de 200kHz, un angle de visió de 45° i fins a una profunditat de 100 m. La freqüència de transmissió a la que opera es de 433.92 Mhz, per tant no interferirà amb les altres freqüències i permetrà treballar fins a una distancia de 300 m. El rang de temperatures en la qual funciona va des de -10 fins a 50° C els quals entren dins els paràmetres previstos.

Capítol 6. Components del circuit de control

6.1 Conjunt transmissor/receptor de radiofreqüència

Quan s'origina la idea de realitzar un prototip governat a distància, el primer component de control és el que el tècnic necessita per dirigir aquest prototip. Llavors es pensa en un comandament a distància i un dispositiu que rebi aquestes ordres. En el món dels comandaments de radio control, per escollir correctament l'adequat a les necessitats s'ha de tenir en compte:

- ❖ El preu
- ❖ Número de canals
- ❖ Modes operacionals de funcionament

Un transmissor té les sigles (TX) i el receptor (RX), aquestes sigles s'identifiquen en els displays de qualsevol radiotransmissor. El transmissor permet el control de l'aparell mitjançant les ones de radio, aquesta senyal es rebuda per el receptor. La freqüència més popular actualment de treball en radio control és de 2,4 Ghz, encara que existeixen de més rang per obtenir major abast. No obstant actualment els drons operen en aquesta freqüència que permet a l'usuari obviar els problemes de captar altres freqüències que interrompin l'emissió i recepció de la comunicació.

Així quasi la totalitat dels fabricants de RC han adoptat aquesta freqüència amb el seus respectius protocols de comunicació per simplificar el seu ús i manteniment. Els protocols de comunicació permeten la comunicació entre TX i RX amb més usuaris al voltant sense cap tipus d'interferència ja que escanegen la freqüència centenars de vegades per segon.

El protocol de comunicació únicament afecta al emparellament del TX i el RX, doncs això ve determinat per el fabricant. Quan s'escull el tipus de comandament que es vol emprà, aquest ve lligat amb un receptor de la mateixa marca (és poc usual que comandaments i receptors de diferents marques es puguin comunicar).

Un cop escollit aquests s'emparellen per a que operin entre ells i on només afecta el protocol és en conèixer com es comunicaran l'emissor i el receptor. D'acord amb les especificacions requerides es farà ús del protocol de modulació per amplada de polsos, és l'acrònim de (*PWM Pulse Width Modulation*), és el més bàsic actualment i el més antic on cada canal té assignat un servo. Tracte d'una senyal analògica on l'amplada del puls determina la posició del servo o accelerador. Aquesta amplitud fluctua entre els 1000 µs i 2000 µs sent una resposta molt ràpida i sense gaire de latència.

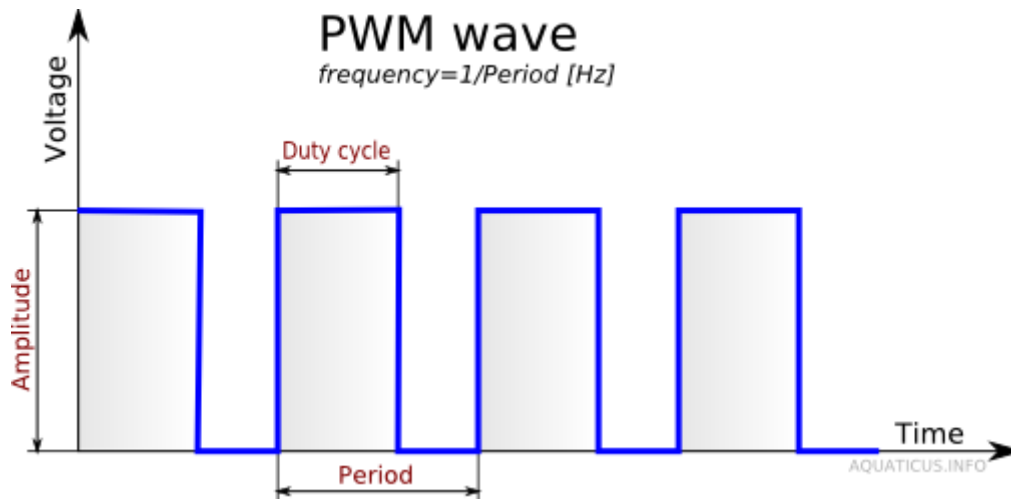


Figura 34 Representació gràfica de l'ona de freqüència [56]

Els inconvenients que presenta aquest tipus de comunicació són la utilització de cert nombre de cables, concretament 3 per cada servo o canal (cable positiu, negatiu i de senyal). Llavors aquests 3 cables es multiplicaran per el número de actuadors que s'hagin instal·lat. L'altre punt desfavorable és les possibles interferències generades per la radiofreqüència, degut això si hi ha algun dispositiu treballant amb la mateixa freqüència, pot existir un creuament de les ordres originades amb el comandament amb l'altre dispositiu i viceversa.

El número de canals determina la quantitat d'accions que es poden controlar de l'aparell. Segons el número de canals poden augmentar els punts de control, on normalment els canals 1,2,3 i 4 estan determinats per la regulació dels motors i el gir de la direcció, en general són ubicats als joysticks anomenats *gymbal*. La resta de canals s'utilitzen per control de servomotors on activen certes funcions, normalment són interruptors, commutadors o potenciòmetres.

Les característiques rellevants per l'adquisició d'un comandament són la introducció al prototip d'un o dos motors si aquests es controlen independentment, el número de servomotors si s'introdueixen dos, un per el timó i un altre per fer rotar la càmera. Un altre aspecte a tenir en compte és l'ús dels canals per donar tensió tant a la càmera com a la sonda de profunditat.

Per les funcions necessàries del protocol de comunicacions i el número de canals necessaris, amb l'oferta de mercat trobada, es designa el controlador *Flysky FS-i6x*. El *Flysky FS-i6x* és un controlador de la marca FLYSKY que opera amb la radiofreqüència de 2,4 Ghz i fa ús d'un protocol de comunicació propi anomenat AFHDS (*automatic frequency hopping digital system*). Aquest protocol és un dels que menys latència té, menys taxa d'errors i amplia distància de comunicació que millora l'estabilitat en la transmissió i recepció d'ordres en comparativa a la resta de transmissors segons qualitat preu.



Figura 35. Emissora FSx6i i receptor [37]

Amb la compra d'aquest transmissor s'incorpora un receptor de 6 canals amb dues sortides més, una per unificar totes les comunicacions per només un conjunt de 3 cables on operaria amb el protocol SBUS. Aquest protocol Requereix d'una controladora de navegació i de software addicional on és pot configurar infinites ordres i modes de interacció amb el prototip. La segona sortida es pot fer servir per el suport de telemetria on donaria dades de potència de senyal entre emissor i receptor, voltatge de bateria, consum d'ampers, etc..

A més té una peculiaritat en referència als canals que ofereix, si per necessitats d'ampliar el número de canals o sortides per donar tensió a diferents components, es pot adquirir un altre receptor amb 10 canals més els dos de SBUS i telemetria. Hi han marques que no admeten un altre receptor per el mateix emissor, augmentant el valor de la compra d'aquest comandament.

No obstant dins del món dels transmissors per radiofreqüència hi ha una gran varietat segons les seves característiques i funcions on els preus es poden arribar a incrementar fins a valors molt elevats. Encara que aquest model estigui limitat en aspectes com la distància de transmissió i configuracions internes per la interacció entre emissor i les funcions que es volen adoptar amb el prototip, és un transmissor molt pràctic i amb interfícies molt intuïtives per el desenvolupament del treball a realitzar.

6.2 Receptor

És el component on la seva missió es rebre les ordres del transmissor i a través dels canals transmetre aquestes ordres als diferents dispositius que estiguin connectats.



Figura 36. Receptor RC amb el connector d'emparellament [37]

El funcionament és bàsic, per poder funcionar necessita rebre una tensió compresa entre els 4.0 volts i els 8.4 volts. Això es degut a que només incorpora un circuit intern per rebre el senyal del transmissor i els pins de connexió dels diferents canals, llavors no té cabuda a incorporar un sistema d'alimentació per piles o bateria.

La tensió es transmet a través d'una bateria externa i es fa regular mitjançant un regulador electrònic de velocitat (ESC), per suplir uns 5V al receptor i la resta de volts que subministra la bateria es dirigeixin cap als motors.

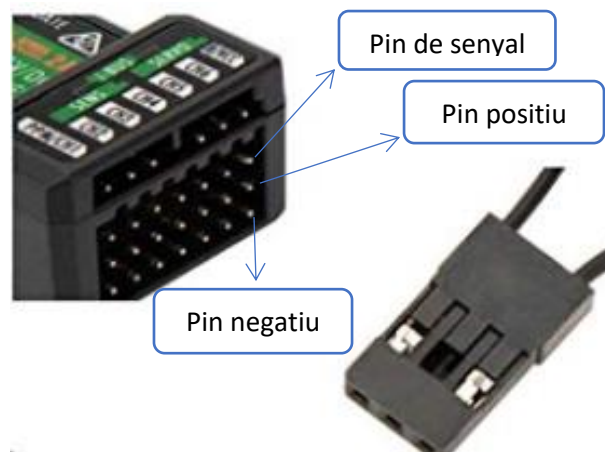


Figura 37. Connexions receptor més el pont de vinculació [37]

Per rebre aquest voltatge és realitza a través d'un dels canals que s'atorguen als acceleradors *joysticks*, ja que fent servir aquest canal el receptor rep alimentació a més de actuar sobre el motor que estigui connectat amb el ESC. Un cop s'obté tensió la resta de pins immediatament adquireixen els 5V. Els pins tenen la mateixa configuració per a cada canal, on el pins positiu i negatiu són per tancar el circuit de corrent i el pin de senyal per actuar al component connectat segons la posició ajustada al transmissor.

Abans d'aconseguir tensió a tots els pins i poder treballar amb els components que es connectin als canals s'ha de realitzar una vinculació entre el comandament i el receptor. L'emparellament només es realitza un cop al principi de la configuració, mitjançant un pont entre el pin de senyal i el pin de negatiu



Figura 38. Receptor en el moment de la vinculació mitjançant el pont [37]

Un cop aconseguit l'emparellament, el receptor estarà vinculat per sempre a aquest transmissor. Si es volgués vincular més receptors al mateix transmissor, no hi hauria cap problema ja que té una gran capacitat de vinculacions i assoleix diferents configuracions per els distints prototips que es vulguin associar.

6.3 Controls, pantalla i configuració

La tipologia dels interruptors, potenciòmetres i *joysticks*, garanteixen una interacció molt òptima amb tots els components segons els requeriments funcionals del prototip.

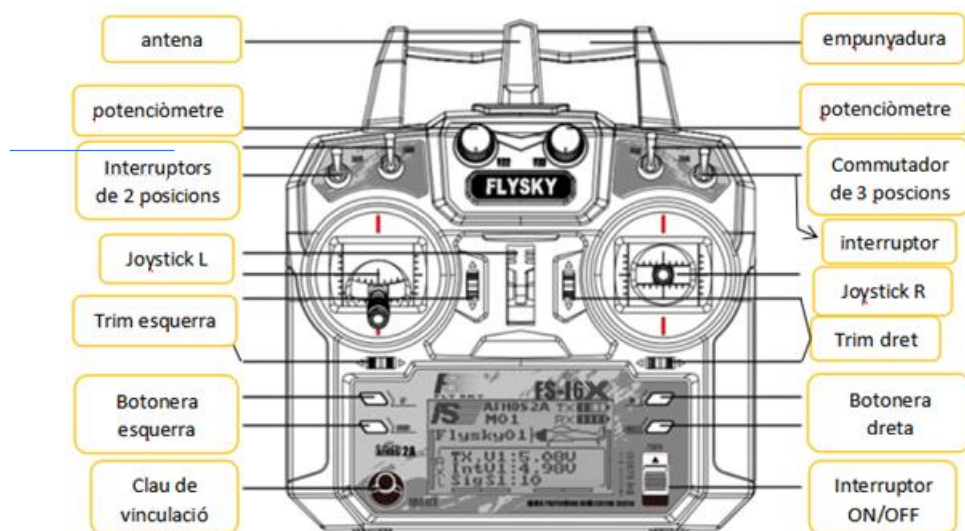


Figura 39. Comandament RC FlySky més funcions [55]

Els potenciòmetres tenen un angle de gir d'uns 270°, per vincular un servo i controlar el gir a mes és idoni per mantenir la posició sense haver de subjectar la regulació i continuar amb altres controls. La utilització dels interruptors és limiten per seleccionar una posició si es procedeix a la instal·lació de flaps al prototip.

El commutador té major configuració degut a les seves 3 posicions, on un servo adoptaria una posició central (estat neutral) i dos posicions, amb una funció com per exemple mantenir un viratge constant. Els *Joysticks* tenen la funció d'acceleròmetres i tenen una regulació perfecte per controlar la potència d'avanç.

La sensibilitat dels *joysticks* es regulen amb els *Trim*, aquests tenen la funció de mantenir en equilibri la posició central i corregir possibles desviacions si en funcionament tendeix a adoptar un rumb o un altre.

Els botons que interactuen amb la configuració interna del transmissor es reflecteix a la pantalla i permet observar i interactuar amb els paràmetres que ens possibilita configurar per el prototip. La clau de vinculació únicament té la funció d'emparellar el receptor amb el transmissor. Es manté polsada durant 3 segons i el receptor queda vinculat.

A la pantalla principal es reflectirà uns paràmetres generals que serveixen de control de l'estat del transmissor i del receptor.



Figura 40. Pantalla principal del comandament RC (Font - pròpia)

Mitjançant les dades de la pantalla es pot observar els nivells de bateria tant del transmissor com del receptor, el nivells començaran a ser crítics quan el gràfic de les piles que surten reflectides en la part dreta i més alçada de la pantalla estiguin per sota la tercera línia.



Figura 41. Icones de nivell de bateries (Font - pròpia)

L'estat de la bateria es reflecteix també amb el nivell exacte de voltatge. Amb les sigles TX i RX s'observa en la part central el número exacte de càrrega de les piles i bateria associada al receptor



Figura 42. Visualització voltatge transmissor (Font - pròpia)

Per últim a la pantalla mostra el model actual amb el que es treballa, dins de la configuració del comandament, es pot escollir diferents tipus de models i assignar-li un nom, més una tipologia de model (en aquest cas no existeixen una tipologia de vaixell).

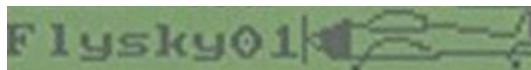


Figura 43. Nom del prototip (Font - pròpia)

Aspectes interns com l'assignació d'un model, el número de canals operatius, la configuració dels interruptors, la regulació del trimatge, la corba de potència, modes operatius de treball, etc.. tots aquests apartats es troben dins del menú on es subdivideix en configuració del sistema i configuració de funcions.



Figura 44. Menus principals de configuració (Font - pròpia)

En la configuració del sistema conté un nombre d'apartats destinats a les dades que es volen assignar als models de treball com el nom, tipologia, etc.. també s'inclou aspectes com modes de d'interacció, com per exemple mode de entrenament o d'estudiant, sent aquest últim per a principiants i totes les configuracions seran obviades.

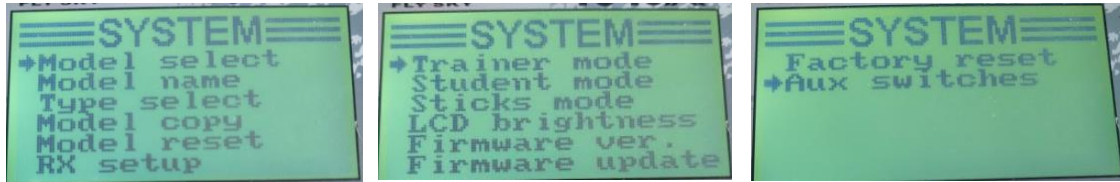


Figura 45. Paràmetres menu del sistema (Font - pròpia)

En aquest menú també apareixen els apartats de selecció de mode de joysticks per a persones dretanes o esquerranes, il·luminació de pantalla, actualització de *firmware*, *restabliment de configuració de fàbrica*, nombre de canals (segons el receptor de 6 o 10 canals).

El punt de configuració del RX (receptor) permet modificar uns paràmetres de seguretat per evitar que en navegació qualsevol distracció comporti un mal funcionament o la no observació d'algun factor com per exemple el nivell de bateria que si aquest baixa de 4,2V a través de la pantalla marcarà amb un avís de nivell baix.



Figura 46. Configuracions del receptor (Font - pròpia)

Per finalitzar l'apartat de la configuració del receptor, el *failsafe* i la resta de punts per configurar els sensors, estan determinats per la instal·lació de una controladora de vol i permet actuar sobre diferents sensors de velocitat, sensor de pressió (si el model navega per l'aire) i a més configurar els valors de les sortides del receptor tant del connexionat per modulació per amplada de polsos com de les sortides del i-BUS i la telemetria.

La part de configuració de les funcions és més explícita, ja que actua sobre la configuració dels rangs dels *joysticks*, dels interruptors i dels potenciòmetres. A més l'assignació de cada canal el interruptor o potenciòmetre que es desitja, també s'inclou un apartat de regulació de la potència entre d'altres.



Figura 47. Menus de funcions (Font - pròpia)

Només es farà esmena dels punts pràctics per el prototip i la seva aplicació, començant per la primera funció. Aquesta determina si es vol invertir el sentit de funcionament del actuador que

estigui connectat al canal desitjat. Únicament té aquesta funció on per comoditat de control dels interruptors, s'inverteix el sentit de funcionament o d'activació.

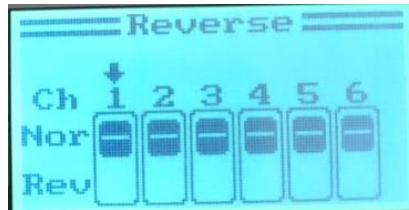


Figura 48. Configuració de reversió dels canals (Font - pròpia)

El següent punt és dels més pràctics degut a que actua sobre el percentatge del rang operatiu de cada canal. La regulació del percentatge va comprés entre el 80% i el 120%, sent el 100% l'estat normal d'actuació. L'increment o disminució dels percentatges atorguen per exemple als servos que aquests obtinguin major o menor recorregut de gir.

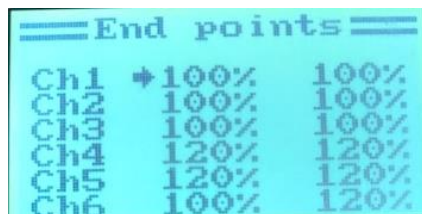


Figura 49. Rangs de percentatge dels canals (Font - pròpia)

Per un control de l'estat dels canals assignats als diferents components, la funció pantalla permet observar els joysticks, els interruptors i els potenciómetres en el moment d'actuar com aquests es desenvolupen mentre s'activen. Els joysticks tenen un recorregut on la pantalla permet controlar fins quin punt s'està actuen.

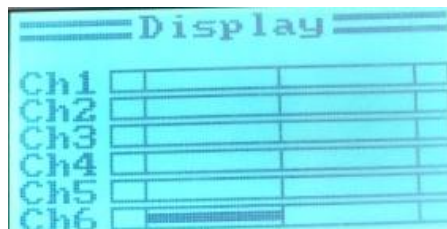


Figura 50. Pantalla de control d'activació dels canals (Font - pròpia)

Amb la selecció de canals auxiliars es permet que el transmissor que conté 10 actuadors, pugui escollir segons a criteris personals el canal del receptor més adient per les funcions a desenvolupar el component assignat.

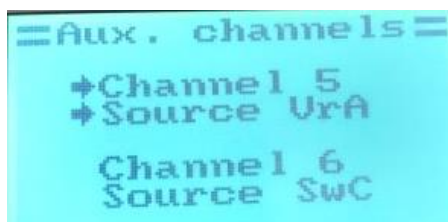


Figura 51. Panell d'assignació de canals als actuadors (Font - pròpia)

Un cop comprovat el funcionament dels joysticks i fet maniobres amb el prototip la configuració del trimatge possibilita l'adequació de l'error de l'avanç del model ja que per qualsevol defecte

constructiu, aquest fa un desplaçament o un viratge massa pronunciat segons el percentatge d'actuació al joystick.

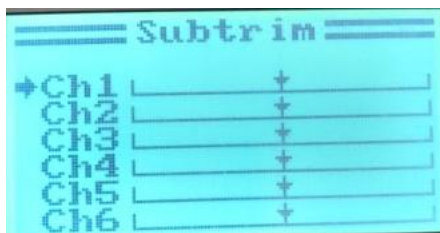


Figura 52. Regulació del trimatge dels canals (Font - pròpia)

La propulsió es pot regular per dos configuracions diferents. Una d'aquestes es mitjançant l'agressivitat d'actuació dels joysticks, es pot determinar si els diferents punts que recorre el joystick es poden escorçar i fer que admetin abans la propulsió màxima. L'altre opció és modificant la corba d'acceleració, aquesta corba es modifica en 5 punts i proporcionant un percentatge per cada punt del mínim al màxim admissible.

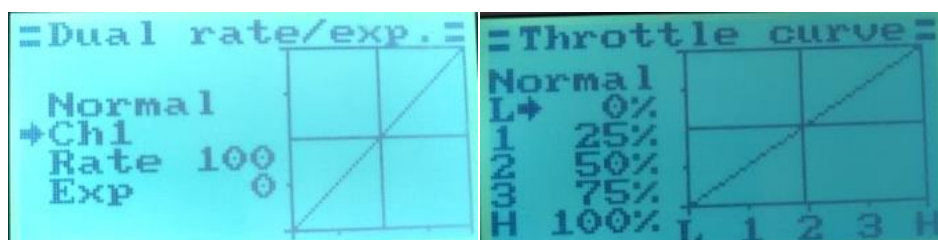


Figura 53. Corbes d'actuació en la regulació de la potència (Font - pròpia)

Els darrers apartats tenen la funció de variar i actuar sobre els percentatges i els interruptors designats als servos de cua o dels flaps. Degut a que no s'incorpora al prototip cap element d'aquests no es determinen el coneixement d'aquests paràmetres.

Finalment i un cop definits tots els controls dels components que es poden instal·lar al prototip, s'esclareix un correcte funcionament per part del transmissor i una bona admissió del receptor dins del prototip tant per la part de comunicació com per el mida i pes que no originarà cap dificultat per l'estabilitat del prototip.

6.4 Connectors

Connector Tipus T DEAN

El connector Tipus T DEAN amb base o pestanya per facilitar la seva connexió i desconexió. Són terminals banyats en una pel·lícula de coure per millorar la seva conductivitat, aquest tipus de connector suporta un consum d'uns 40A en continu amb pics de 80A, la funda plàstica és capaç de suportar altes temperatures. Són els connectors més petits d'alta corrent coneguts actualment, són ideals per a consums de motors amb gran demanda de corrent i controladors amb una gran regulació. [37]

Ofereixen una conductivitat a grans quantitats de consum molt òptima, la versatilitat i la seva connexió entre terminals garanteix un bon contacte en la connexió. Les principals característiques que ofereixen aquests connectors són:

- Gran conductivitat en les connexions en estar compostos per 2 platines de coure, permetent millors característiques dielèctriques.
- Lliure de folgances, en ser connectors amb encaix profund no es mouen, no es giren i eviten pèrdues de corrent.
- Connexió segura, impossible canviar la polarització, per la seva única posició de connexió.
- Suporten entre 30 i 40 Amperers.
- La seva reduïda grandària ofereix un acoblament i una ubicació sense oferir grans inconvenients.

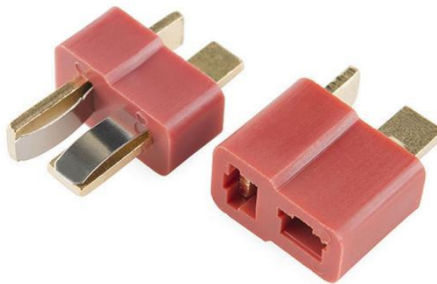


Figura 54. Connector T-DEAN [37]

Connector XT60

Compost per aliatges d'or de gran qualitat, aquest connector és molt comú en l'àmbit del RC. És idoni per aplicacions on el corrent discontinu arriba fins als 60 A i encara té capacitat per suportar pics d'arrancada que sobrepassin els 60 A.

Admet voltatges dels 12V fins als 24V. per la forma constructiva que té no permet error de connexionat entre el positiu i negatiu, és per això que és un dels connectors més emprats.

Requereix de soldadura per estany, degut a que el connector només té una base de mig cercle per fer contacte amb els fils del cable. A més per aïllar la connexió és necessari funda termoretràctil garantint protecció i seguretat a la soldadura.



Figura 55. Connectors XT60 [37]

Connector terminal tipus cilíndric

Aquests terminals rodons de coure tenen un revestiment que manté aïllada la connexió i aquesta constituït generalment de coure. Presenta una sèrie de característiques i avantatges: [2]

- Material del cos de coure per a una alta conductivitat i fàcil acoblament.
- Revestiment de llautó per resistència a la corrosió, força afegida i Excel·lent conductivitat [2] L'aïllament de Nil dur proporciona.
- Aïllament Elèctric, i protecció de terminals i resistència a l'abració, l'impacte i la fatiga.
- Temperatura de Funcionament màxima de 150 ° C.

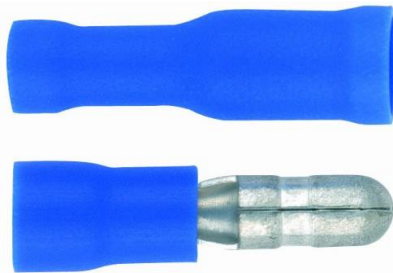


Figura 56. Connector cilíndric [37]

Connector fàston

Dissenyats per aplicacions on el voltatge pot arribar als 600V. són uns terminals amb diferents formes i mides per adaptar-se als diferents gruixos dels cables. Aquests connectors requereixen de funda termoretràctil per evitar que el connexionat quedi exposat a possibles curtcircuits.

Mitjançant una pinça premsa terminals s'uneix el faston al fil del cable i a la coberta del cable, fent la unió més ferma. No obstant per garantir una unió més reforçada es requereix aplicar estany soldat entre el fil del cable i el terminal faston.



Figura 57. Connector fàston [37]

Connector balancejador

Emprats per connexions amb baix nivell de voltatge, són confeccionats un recobriment de plàstic degut a la baixa intensitat que hi circula per els connectors. Utilitzats per connectar terminals amb funció de comandament o de subministrament de corrent a la bateria. Normalment solen ser de 3 terminals que són el positiu el negatiu i el de senyal de control.



Figura 58. Connector balancejador [37]

6.5 Regulador de velocitat

Per obtenir un control sobre la propulsió del prototip es requereix d'un regulador o variador electrònic que permet una regulació entre la descàrrega de la bateria i el component que exercirà de propulsor (motor elèctric).

Generalment es denomina ESC *Electronic Speed Controller*, compost per components electrònics que permetran variar la velocitat de gir d'un motor elèctric segons les ordres enviades a través del transmissor. Mitjançant un canal del receptor, aquest permet regular la velocitat desitjada gràcies al cable de senyal, aconseguir governar el motor.



Figura 59. regulador Electronic Speed Controller o ESC [37]

?

Quan es connecta amb el motor, és capaç de regular fins a 320 amperers (amb propulsió d'avanç) o 160 amperes (amb retropropulsió) del corrent continu del motor. Aquest amperatge varia segons el motor associat, per el motors emprats en aquest projecte no es preveu que superin els 10A de consum.?

El circuit eliminador de bateria integrat (BEC) alimenta el receptor, tal que els 12V que subministra la bateria són rebaixats a 5V per poder alimentar al receptor sense cremar cap circuit intern i treballar entre el voltatge que admet aquest. ?

El seu funcionament es basa en un conjunt de transistors connexionats en paral·lel que permeten el flux de corrent fent una regulació més òptima de la potència del motor. Simulant un conjunt d'interruptors en paral·lel que s'obren i es tanquen segons l'emissió del senyal, aquests regulen la potència del motor.

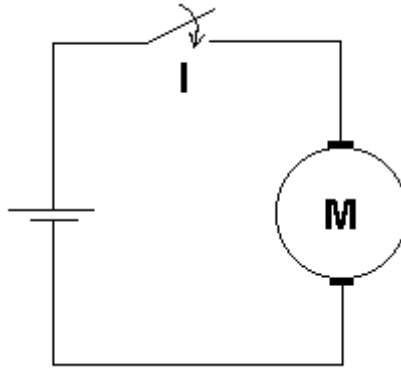


Figura 60. Simulació circuit intern regulador (Font – propia)

Com admeten corrents fins a 320A els cables són d'una secció considerable, un altre ajust és la limitació de par, això permet que en les acceleracions es limiti el corrent i això garanteix un control sobre par motor, fent que sigui un prototip més governable. També assegura una prolongació de la durabilitat de la bateria. [53]



Figura 61. Característiques tècniques del regulador [37]

Aquests reguladors admeten l'entrada de tensió de bateries tant de tipus LiPo com tipus NiMh. A través d'un pont de contacte es pot seleccionar el tipus de bateria que està suplint el regulador, això garanteix que el circuit intern treballi segons la descarrega de la bateria.

La part d'eliminació del circuit de la bateria, o sigui la sortida del regulador cap al receptor, proporciona uns 5V necessaris per la seva alimentació i un màxim de 2A per el seu funcionament. El component està protegit contra l'aigua amb l'aplicació d'un component que fa que sigui resistent a la humitat i no s'originin curtcircuits.

Els cables de sortida cap el motor porten connectors cilíndrics per evitar que no hi hagi un mal contacte entre connectors. A més d'una funda protectora que corre a través del cable per aïllar la connexió.

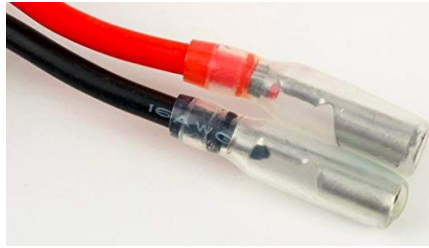


Figura 62. Connectors de sortida als motors (ESC) [37]

El connector que admet l'admissió de la tensió de la bateria, es denomina comunament connectors (tamiya), emprats per connectar i desconectar amb facilitat les connexions entre components.



Figura 63. Connector d'entrada de tensió de la bateria [37]

La regulació del motor i la tensió que admet el receptor és a través del cable de servo comunament denominat, amb una secció de cable molt reduït per el poc voltatge que subministra. Conté els cables de tensió positiva i negativa més el cable de senyal però on es transmet l'emissió d'ordres del transmissor.



Figura 64. Connector sortida BEC [37]

Per acabar aquest regulador incorpora un interruptor de pas de corrent per evitar falsos contactes quan es connecti i es desconnecti la bateria.



Figura 65. Interruptor ON/OFF [37]

6.6 Càmera FPV

Un control sobre la posició del prototip quan es troba en navegació és essencial per reconèixer i adaptar les condicions de navegació als possibles contratemps i obstacles que puguin sorgir de l'aigua.

Quan la distància entre l'operari del prototip i aquest mateix arriba a un punt on es perd cert control dels objectes que es poden interposar en el camí, aquest inconvenient genera l'obligació d'incorporar un element de control per aconseguir una visualització en tot moment del rumb que s'opta i evitant així embarrancades, col·lisions i possibles danys que pugui patir el prototip.

Degut a la necessitat de cobrir aquesta problemàtica, es realitza un estudi de components viables per controlar en tot moment el posicionament o el camp visual del prototip. Un cop realitzat la cerca de referències i descartant possibles components com únicament fer ús d'un localitzador GPS, on només ens farà estimació de la seva posició, es conclou en la incorporació d'un dispositiu de vídeo a temps real.

Llavors el millor component que ofereix un control total de navegació es una càmera FPV. Aquest component proporciona una visualització a temps real per on es fa navegar el prototip, aconseguint salvar les distàncies amb l'operari i oferint en tot moment imatge per on navega i els impediments que puguin sorgir.

Una càmera *FPV* (First person View) són càmeres que ofereixen una visualització amb molt poc retard d'emissió. Emprades per tecnologies "dron" permeten la seva incorporació a qualsevol projecte on el seu ampli rang de característiques faciliten una elecció adequada als requisits necessaris. Donen una viabilitat operacional degut a la freqüència de treball de 5,8 GHz, aquesta freqüència facilita el treball amb aquests dispositius degut a que no interfereix amb altres freqüències com les del comandament.



Figura 66. Micro càmera fpv amb antena i emissor [37]

Mitjançant aquesta banda de treball s'aconsegueix la visualització d'imatge, però això es degut a que aquesta càmera incorpora una placa transmissora de senyal, emet la imatge de la micro càmera amb una freqüència de 5,8 GHz a través de l'antena que incorpora el conjunt.

Aquest conjunt té un consum de 25MW de potència, aquesta dada indica al rang d'acció que ofereix l'emissor. Amb aquesta potència s'assegura un treball dins de la legalitat, degut a que dins d'Espanya aquest rang de treball és lliure d'ús i totalment legal.

Existeixen una gran varietat de càmeres i micro-càmeres, amb diferència de potències i amb la possibilitat d'incorporar també connexions per la instal·lació d'una controladora de navegació, on es pot incloure un Chip localitzador de posicionament (un GPS).

La càmera escollida és una micro-càmera AIO (ALL IN ONE) (tot en un), això significa que incorpora la mateixa càmera, amb una placa emissora de senyal, on es pot aconseguir fins 40 canals de recepció d'imatge compresos entre les freqüències (5362 MHz - 5942 MHz).

També permet una qualitat d'imatge de vídeo idònia amb un angle d'imatge comprès entre els 110º i els 160º, optimitzant en tot moment la navegació sense interrupcions per focalitzar l'emissió de vídeo.

Inclou un tipus d'antena unidireccional amb rotació 360º respecte la placa per dirigir l'emissió cap al receptor. Aquest tipus d'antena té capacitat de concentrar l'energia de tal manera que augmenta la potència d'emissió cap al receptor, evitant interferències amb altres freqüències.

Particularitats que presenten les freqüències :

- ❖ Els 5,8 MHz ofereix una qualitat d'imatge molt òptima sense cap interferència, això ve determinat per la potència de emissió, a menor freqüència major abast.
- ❖ Compatibilitat de treball amb emissores de 2,4 GHz degut a la diferencia d'ona amb l'emissió dels 5,8 GHz de la càmera.
- ❖ Amb baixes freqüències les antenes han de ser més grans i amb altes freqüències les antenes es poden reduir
- ❖ La baixa freqüència fa que l'ample de la banda sigui més reduït per tant hi ha menor qualitat d'imatge, encara que estigui restringit dins de les retransmissions analògiques.

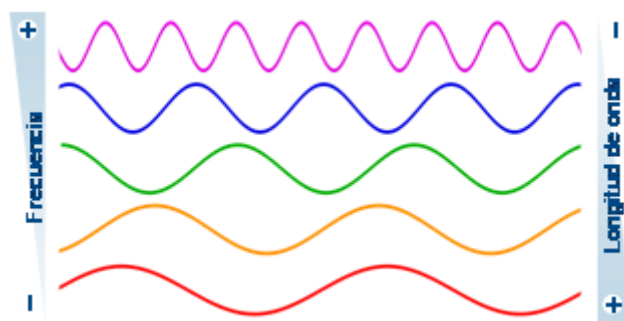


Figura 67. Comparativa entre augment de freqüència i reducció de longitud d'ona [65]

- Versatilitat d'incorporació degut al poc pes que incorpora aproximadament un 3,6 grams i la mida que té. Garantint una incorporació al projecte on únicament s'haurà de tenir en compte la part monetària degut a que existeixen moltes configuracions de micro càmeres-emissor-antena.



Figura 68. Dimensions càmera fpv "HankerMall" [37]

Desavantatges:

- Els obstacles que s'interposin entre el prototip i l'operari, faran que la imatge es distorsioni degut al elevat rang de freqüència en el que treballa.
- La distància es veu afectada per la potència amb la que opera el conjunt (25MW), sent d'uns 100-150 metres efectius, si aquesta potència s'augmenta, és a dir s'incorpora un nou conjunt amb major potència (existeixen de fins a 600MW). No obstant per evitar costos innecessaris i sent una prova, la implementació d'un sistema senzill i econòmic farà la funció desitjada per al desenvolupament del projecte.

Funcionament:

Per rebre la imatge emesa per la càmera a través per la placa transmissora de vídeo, es necessari que estigui codificat amb el sistema de transmissió de visió a color analògic NTSC (National Television System Committe) o PAL, aquest últim s'utilitza a la regió europea. Un cop es comprova en quin protocol treballa el sistema d'emissió, el subministrament de voltatge ha de ser d'entre 2,9V-5,5V per alimentar la càmera més emissor.

Per evitar cremar els circuits de la càmera o del transmissor, l'antena sempre ha d'estar connectada al circuit, sinó es cremaria algun component del circuit imprès, tal que no s'emetria el senyal i es focalitzaria el calor malmetent el circuit.

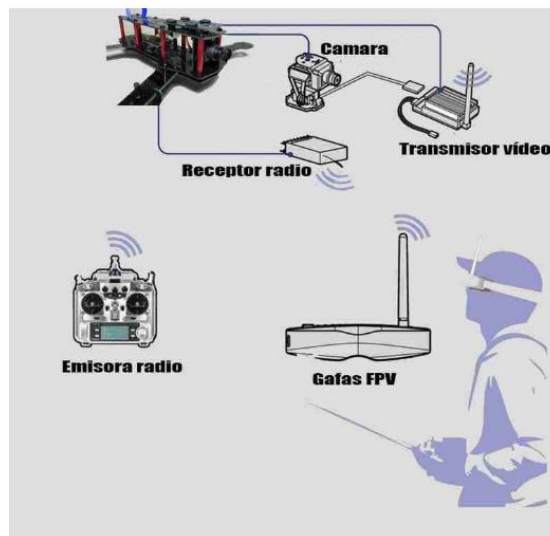


Figura 69. Components d'un sistema FPV [59]

Un cop emès el senyal aquest es pot rebre mitjançant un receptor FPV, es a dir un receptor que capti la senyal emesa per el transmissor i segons la freqüència on s'hagi sintonitzat la càmera, el receptor serà capaç de transformar aquesta senyal i representar-la en imatge en una pantalla d'ordinador, en un telèfon mòbil, o en unes ulleres de realitat virtual.



5.8G 40CH 25mw Transmitter

Light show

Frequency channel shows RED
NTSC/PAL show Blue

Control button

1 seconds is switch 1,2,3,4
2 seconds is switch A,B,C,D
5 seconds is switch NTSC/PAL
Blue light is NTSC, without light is PAL

Figura 70. Transmissor de càmera FPV i sistema d'actuació [37]

Per manipular els canals i el protocol d'emissió es fa mitjançant el polsador incorporat al costat de l'antena, es regula el canal de transmissió i el protocol d'emissió d'imatge segons sigui NTSC o PAL. Amb major número de canals més receptors tenen l'opció de connectar-se a la mateixa freqüència.

6.7 Receptors FPV

El receptor abans nomenat té la funció de captar el senyal emès per el transmissor de la càmera i on també treballa amb la mateixa freqüència 5,8 Ghz, per tal d'obtenir la imatge, si treballés amb una altre freqüència no es captaria la imatge emesa. El rang operacional de la freqüència està comprés d'entre els 5645 Hz fins als 5945 Hz. Amb un consum de treball de 200mA i una impedància de l'antena de 50 ohms, fa que sigui un component molt versàtil per optimitzar el treball visual.



Figura 71 Receptor de la càmera FPV [37]

Aquest receptor té la característica de poder ser connectat a un dispositiu mòbil, a una Tablet o a una entrada USB. Segons a on es vulgui reproduir la imatge es pot escollir el dispositiu, així, es pot controlar visualment els objectes que puguin obstaculitzar el prototip, de manera col·lectiva o només una sola persona. Les seves dimensions són 61mm x 33mm x 0.9mm, a més el pes ronda sobre els 50g, fent del seu transport un mer tràmit.

L'antena que porta de fàbrica es una antena molt senzilla són omnidireccionals de polarització lineal, aquest tipus d'antena encara que no sigui de les més òptimes per control de imatge degut a que originen interferències i fan que la qualitat de vídeo sigui deficient. Això es en termes de telecomunicació que la senyal emesa arriba al receptor per diversos camins i amb diferents temps.

Com per simplicitat de la navegació, el prototip en tot moment realitza un rumb lineal en termes visuals i en perspectiva des de el tècnic que controlarà la navegació, llavors aquesta antena és adequada per la seva funció, ja que el senyal en tot moment s'emet linealment entre l'emissor i el receptor. Per entendre aquest tipus de senyal en aspectes menys tècnics, aquest tipus d'antena treballa com si fos una llanterna o focus de llum que emet en una sola direcció i a gran distància.

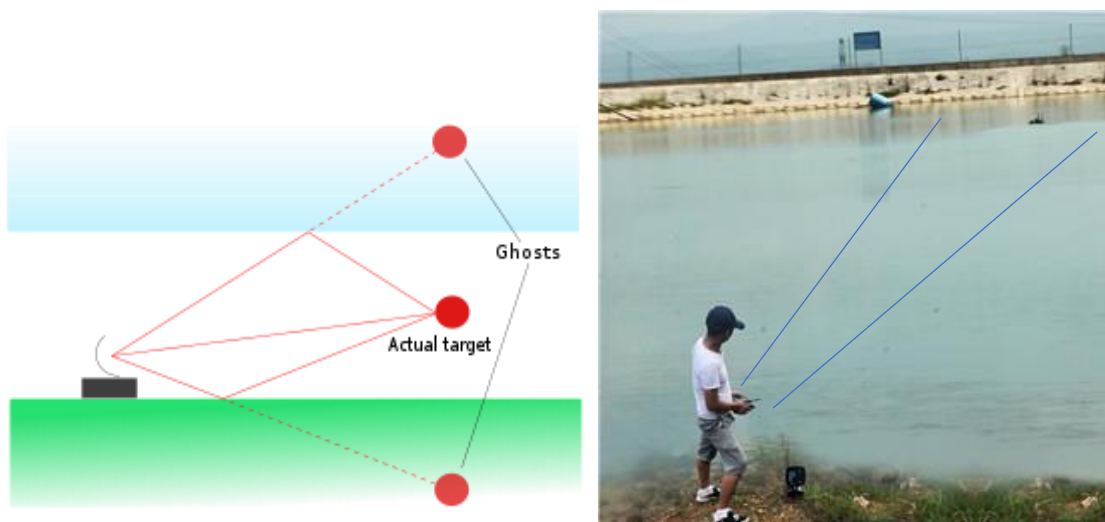


Figura 72. Antena multidireccional i antena unidireccional [60]

Modes operacionals de control

Segons el dispositiu per el que es vulgui reproduir la imatge es pot aconseguir una percepció més real de la navegació del prototip.

- Configuració 1

Una de les possibilitats de visionar la recepció d'imatge de la càmera es per mitjà de l'ordinador. Per fer-ho és necessari connectar el receptor de vídeo a l'ordinador per USB i utilitzar un programa que visualitzi la freqüència de la càmera. **[Figura 73]**



Figura 73. Recepció de vídeo per ordinador (Font - pròpia)

- Configuració 2

Una altre possibilitat és connectar el receptor al mòbil i utilitzar unes ulleres de realitat virtual, mitjançant una aplicació com ara "FPViewer". Això permet observar el camp visual de la càmera del prototip de manera més realista, controlant els possibles objectes que s'interposin en el rumb.

No obstant, es requereix de dos tècnics per vigilar tant la imatge de la càmera com els resultats mostrats per la sonda.



Figura 74. Recepció de vídeo per Realitat Virtual (Font - pròpia)

- Configuració 3

En cas que es vulgui observar el prototip i tenir l'opció de veure la càmera, es pot connectar el mòbil al suport del comandament RC. Permet controlar la visualització d'imatge de la càmera i comprovar en tot moment el treball efectuat per la sonda.

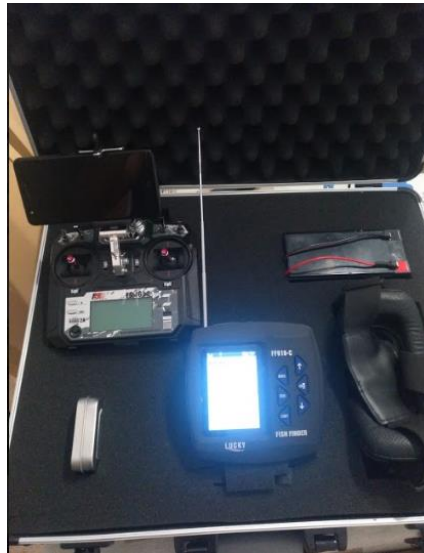


Figura 75. Receptor connectat al mòbil (Font - pròpia)

Capítol 7. Construcció del primer prototip i proves experimentals

Aquest primer prototip es realitza amb la idea d'introduir-se en el món dels DIY *Do it yourself* per comprendre i saber fer funcionar a distància els components necessaris i fer així funcional el projecte. Segons la informació recaptada i els coneixements obtinguts es construeix un monocasc amb materials compostos fent una similitud amb la fabricació dels vaixells actuals.

7.1 Característiques principals del model experimental 1

Les principals característiques són:

- Eslora: 67 cm
- Màniga: 17,5 cm
- Calat: 7,5 cm
- Desplaçament: 1'470 kg (sense components de navegació)
- Propulsió: bomba de 19 W; 800 L/h
- Llast: 1,813 kg

7.2 Components del circuit de navegació primer prototip

Tub flexible espirocristal

Emprat generalment per al transport de gasolina amb un diàmetre de 6x10mm. Aquest material és atòxic, però no apte per a sistemes alimentaris és idoni per al flux de la propulsió emès per la bomba d'aigua. Amb una gran flexibilitat i alta resistència al trencament per allargament compleix amb els requisits essencials per implementar el circuit de propulsió, arriba a suportar temperatures entre -10 ° C i 60 ° C. El seu ús és aplicable atès que el diàmetre intern permet un cabal i una velocitat de sortida òptimes per realitzar un desplaçament del prototip adequat a les necessitats del seu funcionament.



Figura 76. Tub espirocristal (Font - pròpia)

Tub flexible de mànega

Degut al gran ventall de compostos de tubs flexibles tipus mànega que existeixen en el mercat i que ofereixen cadascun unes característiques per al seu àmbit de treball, es selecciona un compost molt accessible econòmicament i amb una aplicació al prototip senzilla.

Aquest tipus de mànega s'utilitza per el transport de líquids, majoritàriament aigua d'ús comú com per funcions de regadiu o transvasament d'aigua. La seva composició interna permet el flux d'aigua sense cap resistència oferint un pas de succió y propulsió amb molt poca turbulència, evitant pèrdues de cabal i garantint un raig d'aigua uniforme per una correcta propulsió i un avanç del prototip idoni per la funció a desenvolupar.

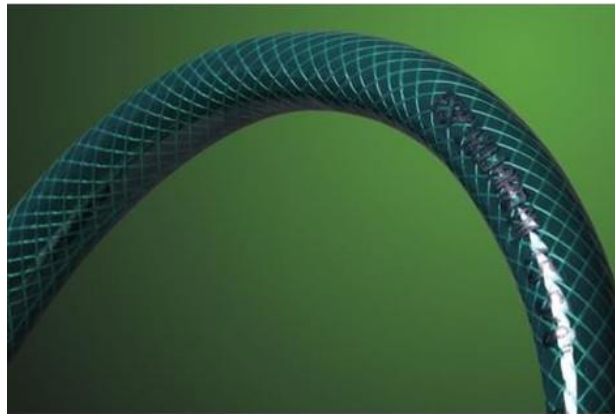


Figura 77. Mànega (Font: pròpia)

Per la seva constitució física y la flexibilitat adaptativa a les entrades i sortides, permet un acoblament als components de propulsió i un ajustatge molt adaptat a les incisions realitzades al casc per fer l'entrada i sortida de la canalització del tub.



Figura 78. Aïllament per cola termofusible sortida bomba (Font: pròpia)

Servomotor

És un component comandat amb radio control que exerceix la funció de rebre les ordres emeses per el comandament i transformar-les en moviments rotatius. Aquests moviments són destinats a fer rotar o moure diferents elements on la funció d'aquests es aconseguir un desplaçament de la pala del timó, un moviment de la càmera per augmentar el camp de visió, etc..

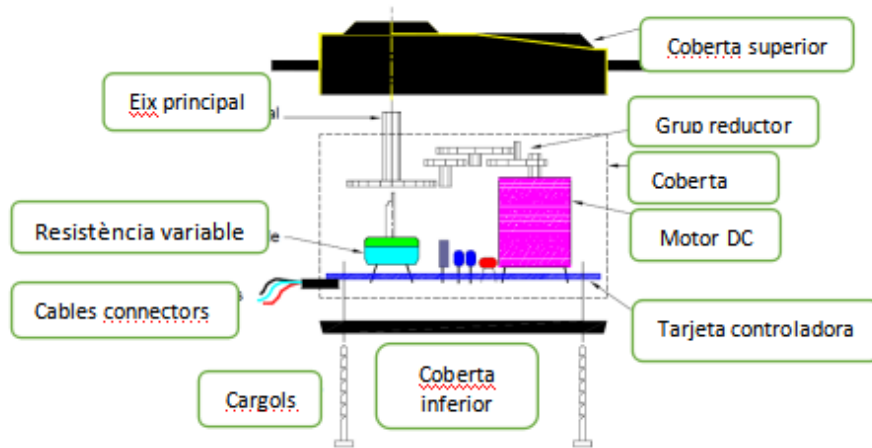


Figura 79. Parts del servomotor [58]

Mitjançant la controladora rep la senyal emesa per el comandament que dona l'ordre d'activar el motor elèctric, on aquest farà moure els engranatges del grup reductor per posicionar l'eix principal amb l'aspa al grau determina de gir.

Existeixen 2 tipus generalitzats de servos, sent aquests analògics o digitals. Estructuralment son iguals comparteixen les mateixes funcions i equipament intern, l'única diferència es troba a la targeta controladora, aquesta processarà la informació que es comunica del emissor-receptor a major velocitat, reduint el temps de resposta a una resposta molt més ràpida i òptima.

Un servo analògic envia un senyal elèctric amb la qual controla la potència del motor cada 20 ms, o el que és el mateix, 50 senyals o polsos per segon que es la freqüència a la que treballa. Cada pols elèctric té una durada (amplada) depenent de la potència que s'envia al motor perquè es mogui o es mantingui, com a resposta a un canvi del "joystick". El servo digital es capaç d'oferir 300 senyals per segon, augmentant així una resposta més ràpida i reduint la demora del moviment respecte l'enviament de senyal des de el comandament.

La selecció d'un tipus de servo únicament es veurà afectat per la funció a desenvolupar dins del projecte, segons sigui per un moviment que requereix d'una acció immediata o si únicament es busca un posicionament del servo i es mantingui en la posició desitjada.

Timó

Per la primera implementació del prototip es realitza una instal·lació del conjunt de timó, subjecció i filferro de transmissió per controlar el gir mitjançant un servo.

Aquest timó consta d'una pala que per maniobrar el primer prototip, és necessari degut a la propulsió no dirigida i es necessita dirigir el vaixell segons la navegació predeterminada.



Figura 80. Timó RC [37]

El conjunt timó i subjecció amb l'estructura del casc es adquireix d'un vaixell de radio control, aquest conjunt fa que sobresurti del casc del prototip a una distància adequada al raig emès per el propulsor i fer-lo guiar amb la pala, aconseguint un gir òptim de navegació. Amb l'ajuda del pern incorporat a la pala i mitjançant un filferro subjectat a la direcció d'un servo, es controla la direcció per on navegarà el prototip.



Figura 81. Transmissió servo-timó per mitjà de filferro (Font - pròpia)

El filferro està adequat a les subjeccions de la pala i del servo, tal que s'ha mecanitzat per transmetre el gir del servo. Per evitar perforacions al casc i originar punts d'entrada d'aigua, es realitza plecs al filferro, que gràcies a la seva composició permet adaptar els plecs a la configuració estructural que imposa el casc.

7.3 Materials per a la confecció

Cartró

Aquest material format per varies capes de paper amb diferents tractaments per aconseguir la rigidesa que el caracteritza, es emprat per la construcció del casc i posteriorment rebre el tractament amb compostos per garantir una estanqueïtat i uniformitat de la construcció del prototip.

Degut a la seva composició es molt econòmic d'aconseguir, degut a la seva composició i a l'estructura de les làmines és fàcil de modelar i robust per mantenir la forma desitjada. [37]

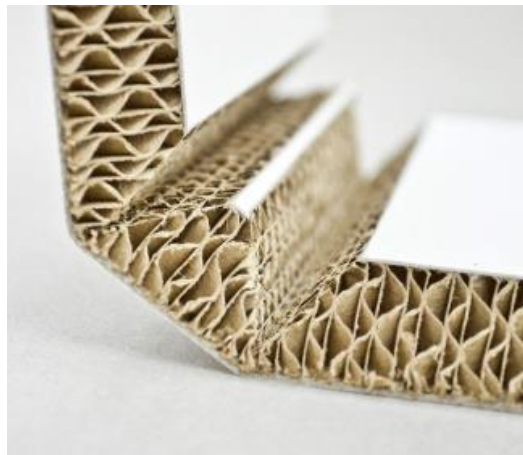


Figura 82. Cartró [37]

Cola termofusible

La cola termofusible, també conegut com cola en calent, cola de polièster o termocola, és un tipus d'adhesiu termoplàstic confeccionat amb barres sòlides i cilíndriques de diàmetres diversos dissenyats per fondre amb una eina que simula una pistola. La pistola utilitza resistències elèctriques, la barra de cola recorre el canó per fondre un extrem de la barra tal que quan arriba la cola fosa al extrem de sortida, aquesta surt en estat líquid per una difusió homogènia a la superfície desitjada. Pot ser empesa a través de la pistola per un gatell o directament per l'usuari amb l'ajut de la barra.



Figura 83. Cola termofusible [34]

Amb unes temperatures compreses entre els 120º i els 180º la barra de cola termofusible es fon, segons el tipus de barra i per l'aplicació. Conforme el tipus de barra i la temperatura de fosa el temps per refredar la cola pot variar de segons a minuts. Això garanteix una unió adequada al tipus de material emprat, degut a que el material és cartonós, aquest no dissipa gairebé el calor, augmentant el temps de refredament.

Per l'assemblatge del cartró, és necessari la subjecció de la unió per mantenir la cola fosa fins que es refredi i obtenir una unió homogènia, evitant així la creació de porus per on podrien formar-se possibles filtracions i punts febles de la unió.

Escuma foam

L'escuma de foam es un compost que pot ser de polietilè i poliuretà, s'obté a força de escumar aquests materials amb un gas que s'injecta a pressió durant la seva confecció.

Emprat per la seva lleugeresa i per la absorció de vibracions que les redueix fins a un estat on no són perceptibles, evitant que la vibració que pugui ocasionar els components que per la seva funció els propagui, repercutint en les connexions i d'altres components comprometent el seu correcte funcionament.

Segons l'aplicació desitjada s'escull un tipus de foam amb una densitat determinada, degut a que hi han tipus que aconseguixen una confecció molt rígida, s'opta per una escuma més modelable i pràctica per la seva aplicació al interior del primer prototip i cobrir tot l'espai per reduir les vibracions del motor elèctric utilitzat de propulsió.



Figura 84. Cartró ploma o escuma foam [36]

Fibra de vidre mat 200

Fibra de vidre fabricada a partir de filaments de vidre de 50mm. De longitud i distribuïts de manera aleatòria per formar un entelat regular. Ofereix una excel·lent compatibilitat amb resines polièster no saturats. La seva implantació es degut a que és un material de reforç estructural molt utilitzat en el món nàutic.



Figura 85. Fibra de vidre (Font - pròpia)

Les seves principals característiques són el seu poc pes 200gr/m², la compatibilitat amb diferents tipus de resines de polièster, una aplicació fàcil amb supressió de bombolles d'aire. Un cop aplicat amb la resina i posterior assecatge, finalment s'aconsegueix una propietat mecànica de resistència i una rigidesa molt bona amb un pes molt baix.

Resina de polièster

La resina de polièster té un ús industrialitzat molt extens, on s'inclou també la indústria marina. Quan és utilitzada aquesta al augmentar de temperatura s'endureix de tal manera que és inalterable el seu estat final. Aquest component es caracteritza per:

- Una gran elasticitat, gran capacitat termoestable.
- Modificació de l'acabat superficial mitjançant paper de vidre.
- Apta per tot tipus de carrosseries, cobertes nàutiques, modelisme, etc.
- Compatible amb fusta, formigó, metall i més materials.
- Gran transparència, sense opacitat.
- Absència de bombolles gràcies a la seva baixa viscositat.
- Bones propietats mecàniques un cop finalitzat el procés.
- Resistent als raigs ultraviolats i a l'aigua.

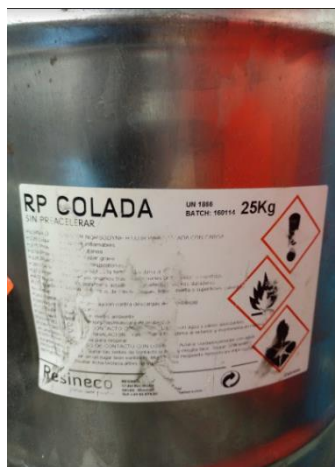


Figura 86. resina de polièster (Font - pròpia)

Massilla

La massilla de polièster té com a principal funció corregir els desperfectes i irregularitats que sorgeixen a als acabats superficials treballats en el prototip. Generalment es empra per omplir forats i esquerdes, també s'utilitza per deixar un acabat més llis i poder treballar la superfície més òptimament per no deixar cap irregularitat al casc del prototip.

Un cop aplicat la base de massilla a la superfície treballada amb la composició de fibra i resina, aquesta base s'eixugarà i posteriorment es treballa amb fulles de vidre per deixar un acabat totalment llis i sense cap rugositat per tal de que el casc del prototip llisqui per l'aigua sense oferir resistència a l'avanç.



Figura 87. Massilla (Font - pròpia)

Les característiques principals són:

- Facilitat de poliment. Per a una bona uniformitat és necessari treballar amb facilitat un cop aplicat i abans que s'assequi.
- Alta resistència i adherència. Resisteix davant d'agents externs, i s'adhereix sense cap dificultat a la superfície abans treballada.
- Baixa porositat i alta elasticitat. No genera gran nombre de porus i suporta vibracions i càrregues dinàmiques sobre el cosa treballat.
- Poder de farciment. El gruix de la massilla abans i després del seu curat es el mateix, garantint una bona capa de material.

Fulles de vidre

Com a concepte de polir una superfície s'esmena les fulles de vidre, degut a que segons el granulat de la fulla, aquesta fa una acció abrasiva sobre l'acabat de la superfície (sobre la massilla) i permet deixar una capa exterior molt més uniforme.

El treball abrasiu unifica la capa externa permetent una superfície sense porus o esquerdes on puguin originar zones de resistència a l'avanç i a més a més proporciona que la massilla un cop realitzat el treball de poliment, possibilita l'adhesió de pintura en aerosol i posteriorment incorporar laca acrílica en spray, per finalitzar l'acabat brillant i resistent per cobrir la pintura aplicada.



Figura 88. Fulles de vidre [36]

Imprimació acrílica

L'ús d'imprimació ve donat per la necessitat d'adherir pintura al casc, llavors és necessari la implantació d'aquest component per:

- ◆ facilitar l'adhesió de la pintura.
- ◆ Aconseguir una capa per cobrir els defectes superficials i crear un protecció anticorrosiva.

Aquesta imprimació és monocomponent, això significa que no es requereix d'un catalitzador per l'assecatge, s'eixuga per evaporació. Una de les més emprades al món nàutic, degut a que l'aplicació d'aquests materials es fa al aire lliure en un ambient on l'evaporació es l'adient per el seu assecatge.

Mitjançant aquesta capa es garanteix un farcit per els porus i cobrir les ratlles del poliment anteriorment realitzat. La protecció que atorga aquesta capa és d'obligació aplicar-la, per culpa de que la pintura no assegura una protecció a la corrosió i no evita altres danys superficials. Un cop aplicada la imprimació i transcorregut el temps per q que s'assequi segons el fabricant, es pot tornar a polir per acabar de treballar la superfície o aplicar la pintura sobre el casc on s'ha estès tota la imprimació.



Figura 89. Imprimació (Font - pròpia)

Pintura en aerosol

Un cop aplicat la imprimació i transcorregut el temps d'assecatge, a continuació es aspergirà la pintura acrílica en aerosol. Aquesta pintura es un producte que té la funció de donar color a la superfície aplicada a més de protegir-les de qualsevol desperfecte causat d'algún cop o d'accions externes com l'aigua la degradació per el l'exposició al sol, etc..

L'aplicació de pintura en spray facilita el treball, ja que mitjançant l'aspersió d'aquesta totes les partícules d'adhereixen al casc uniformement, sense deixar cap racó pintat. Les seves característiques són:

- ◆ Temps de secatge ràpid.
- ◆ Gran resistència als raig UV del sol, protegin la superfície tratada.
- ◆ Baix nombre de partícules metàliques
- ◆ Bona adhesió a tot tipus de superfícies



Figura 90. Pintura (Font - pròpia)

Vernís acrílic en spray

La finalitat de vernís és donar brillantor, protegir la capa de pintura i donar un aspecte més viu del color. La seva aplicació és idèntica a la imprimació i la pintura, un cop transcorregut el temps d'assecatge es comprova si tot el casc s'ha impregnat correctament de vernís.



Figura 91. Vernís (Font - pròpia)

7.4 Circuit de components de control

Es desgloça l'esquema de connexió del components, segons els dispositius de control la connexió es desenvolupa de la següent manera:

- [?] Per subministrar corrent elèctric, s'implementa una bateria de 850 mAh que s'enllaça amb el regulador mitjançant el connector d'entrada.
- [?] Per el control del nivell de càrrega es connecta el controlador de nivell de voltatge al connector de càrrega de la bateria.
- [?] El regulador conté dues sortides, una sortida supeix corrent al receptor i a la resta de dispositius, l'altre sortida connecta amb el positiu i negatiu del motor i tanca el circuit de regulació. A més incorpora l'interruptor per tancar i obrir el pas de corrent.
- [?] Quan el receptor reb el corrent subministrat per el regulador, aquest automàticament subministra el voltatge regulat, per els pins dels canals cap als components associats.
- [?] El servomotor un cop admeteix la tensió, es pot començar a executar.
- [?] La motorització es fa operativa considerant l'admissió de corrent per part del regulador, i posteriorment emetent el senyal segons la posició del joystick del transmissor.

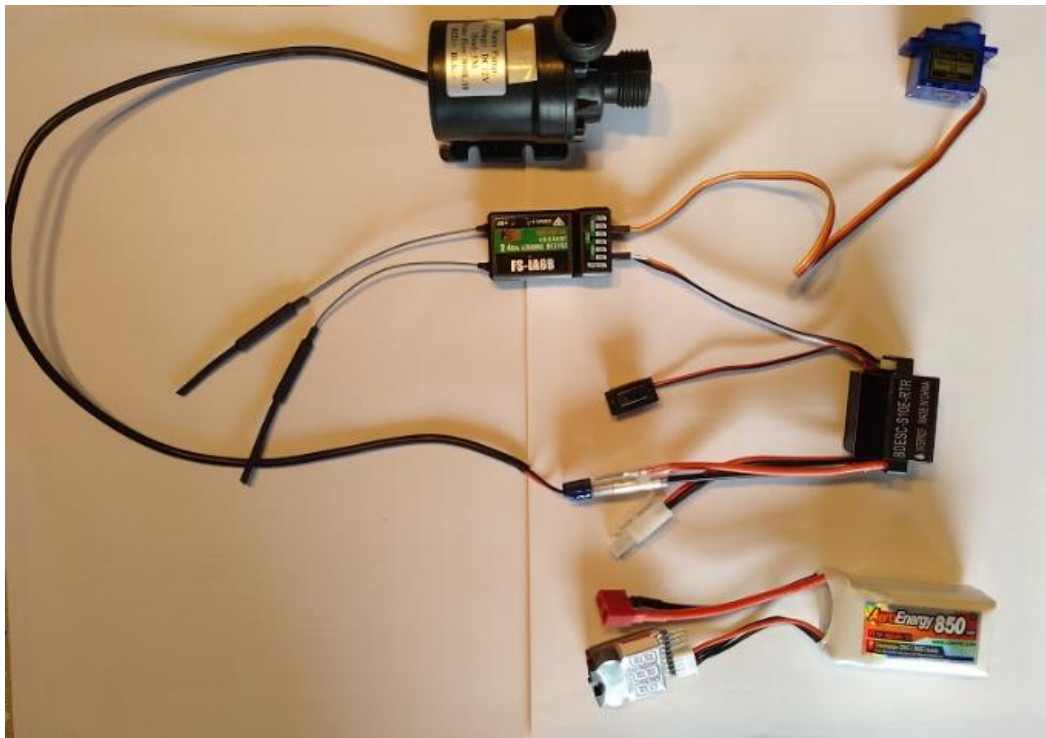


Figura 92. Circuit de control primer prototip (Font - pròpia)

7.5 Fases del muntatge del primer prototip

La construcció del prototip es consta de dues fases principals i cadascuna d'aquestes fases esta dividida en sub fases. La primera fase consisteix en un prototip experimental i les sub fases seran el disseny, la construcció i la implementació de l'electrònica, aquest assaig servirà per decidir i escollir els materials la forma que es tindrà del projecte final i observar els principals problemes que poden anar sorgint en el procés i la segona fase la construcció definitiva del prototip.

En primera instancia s'opta per un monocasc i com a material primari el cartó, principalment per la mal-leabilitat que ens proporciona les seves característiques i es un material econòmic i fàcil d'obtenir. Per afegir-hi resistència i impermeabilitat s'hi afegeix una capa de resina i fibra i finalment la pintura. S'ha pensat que el prototip disposi de dues parts, per una banda el casc i la propulsió que seran fixes i de fàcil accés per a possibles reparacions i substitucions i una part no fixa que es pugui extreure i agrupi tots els elements electrònics i així que sigui possible interactuar amb els components i per la seva desconexió i connexió en un nou casc. A més la caixa podria ser estanca i evitar el contacte de l'aigua en els components electrònics i deixar suficient espai en cas que s'hagi de modificar l'estabilitat per mitja de llast.

7.5.1 Construcció del casc

La confecció d'un primer prototip ve intencionat per la funcionalitat dels components i els seus respectius comportaments. Per desenvolupar aquest primer disseny es decideix per un casc unitari (un prototip monocasc), aquest disseny esdevé per la raó de crear un únic compartiment on allotja tots el components i reduir el pes al màxim per tal d'aconseguir un propulsió idònia amb unes condicions de navegació òptimes per l'objectiu d'obtenir una bona detecció del fons marí.

Assemblatge de la primera fase del casc, mitjançant cartró laminat s'efectuarà una base per on es continuarà la resta de la construcció. Aquesta base serà crear una quilla, degut a que aquesta es la part estructural més essencial d'un vaixell, on determinarà l'estabilitat i el comportament en navegació del casc.

Primerament es realitza una estimació de l'eslora màxima del vaixell per tal d'evitar sobredimensionar parts estructurals. Un cop realitzat un estudi de diferents models de vaixells comandats amb radiofreqüència, es fa una primer modelatge del cartró amb una incisió al mig del cartó per realitzar un angle adequat als requisits de la mida del prototip.

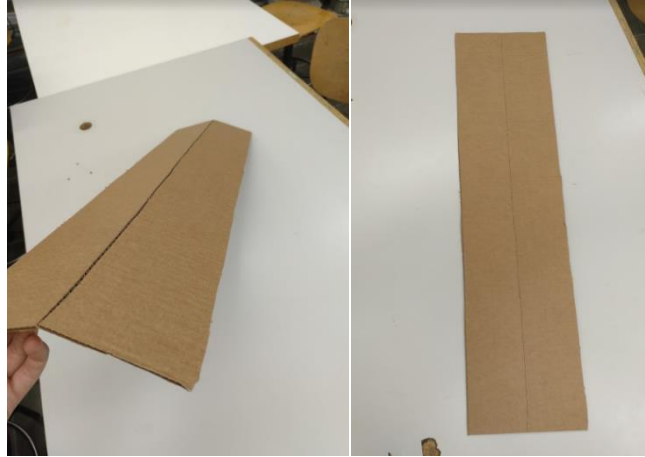


Figura 93. Part quilla del casc (font pròpia)

El següent pas es realitzar unes mampares laterals per donar forma al casc. Aquestes mampares constitueixen la forma lateral fins arribar a la part de proa, confeccionant el 80% del prototip.



Figura 94. parts laterals i central del casc (Font - pròpia)

Com el cartró permet un modelatge sense fer malbé la part superficial, es realitza uns talls a la part de proa per aconseguir un acabat més incisiu, permetent una navegació similar a un monocasc d'un vaixell tipus veler. Quan es realitza els talls a banda i banda i s'adquireix la forma desitjada, es procedeix a la unió de les parts adjacents a la quilla i a realitzar un cordó de reforç al fons de la quilla, un cop s'ha assolit l'angle adequat al model de vaixell seleccionat.



Figura 95. Unió del cartró (font – pròpia)

Es realitza l'acoblament final de la part que fa de mampara de popa, amb l'estructura realitzada anteriorment es retalla a les dimensions per l'encaix i es reforça amb una quaderna al mig de l'eslora per donar major suport quan es treballi amb la fibra i la resina.

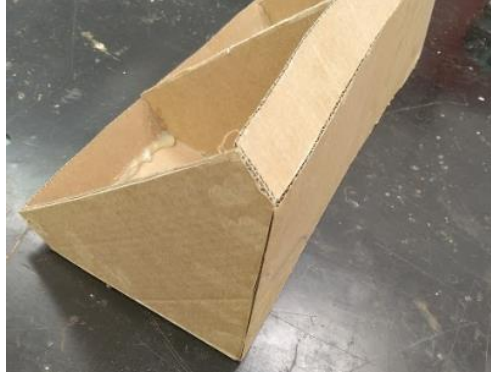


Figura 96. Motlle cartró (font – pròpia)

Per aconseguir una millor estabilitat es procedeix a realitzar un tall a la quilla en horitzontal, augmentant la similitud a un veler i garantint major superfície d'obra viva dins l'aigua.

El pas posterior és assolir un casc amb duresa, resistent i amb una superfície sense porositat per posteriors treballs. Aquest resultat s'obté mitjançant l'aplicació de la fibra MAT 200 i la resina de polièster. Per poder treballar amb aquest components és necessari una zona de treball amb poca presència d'humitat i una temperatura major als 15º per tal d'aconseguir que catalitzi la resina i s'impregni correctament a la fibra i al cartró.

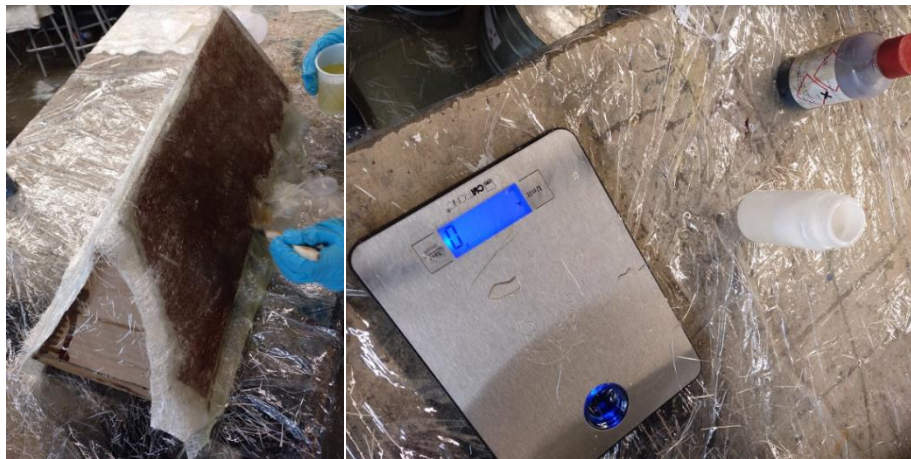


Figura 97. Aplicació fibra de vidre (font – pròpia)

Primerament es realitza una capa de resina directament sobre el cartró, on a continuació es disposaran retalls de fibra fins arribar a cobrir tota la superfície exterior del casc. Per cada retall que s'insereix al casc es torna a aplicar resina per eliminar qualsevol bombolla d'aire entre el cartró y la fibra MAT. El temps d'aplicació ha de mínim per tal d'evitar que el compost comenci a fer efecte i no es pugui aplicar adequadament tot el compost.

Per tal d'aconseguir una bona aplicació del compost la resina s'expandeix per tota la fibra fins a deixar-la tota impregnada. Això compleix la missió d'obtenir un resultat final adient a les seves característiques. Després d'haver aplicat el compost i per obtenir un bon acabat, la part d'assecatge és molt important, garantint un atmosfera amb poca humitat i poca presència de partícules sòlides en suspensió.

L'aplicació de massilla al finalitzar l'assecatge del compost és complimenta com a base per perfilar la superfície i polir les esquerdes o porositats que hagin restat de l'assecatge.

Abans d'aplicar la massilla es requereix d'un treball de poliment mitjançant el paper de vidre. Amb un granulat entorn del gra 200, permet rebaixar la superfície fins un acabat on es pot aplicar certes quantitats de massilla a les esquerdes i porositats.



Figura 98. Aplicació resina (font – pròpia)

Al finalitzar l'aplicació de la massilla es garanteix una superfície exterior amb una resistència mecànica adient per suportar pes, infiltracions d'aigua i poca resistència a l'avanç per quan navegui. Degut a les garanties que s'obté d'aquest acabat s'extreu la quaderna interna i es realitza una capa de resina per la part interior del casc per obtenir un acabat dur i per cobrir el cartró per tal d'evitar que s'esquerdi o es mulli un cop es comenci a fer proves de navegació.

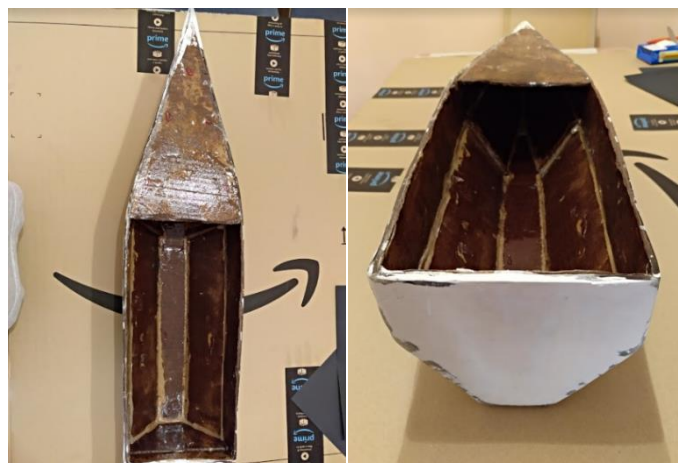


Figura 99. Resultat de la massilla seca (font – pròpia)

Quan ha passat el temps d'assecatge de nou, es treballa de novament sobre la superfície exterior per tal d'aconseguir una superfície totalment llisa sense cap imperfecció. Amb un tipus de paper de vidre d'aigua s'aconsegueix reduir les petites impureses i unificar la superfície per posteriorment aplicar-hi pintura en aerosol i laca en *spray*.



Figura 100. Poliment amb paper de vidre (font – pròpia)

Després d'haver repassat la massilla a la superfície exterior amb el paper de vidre, es neteja de les restes que hagin pogut quedar del poliment i es procedeix al ruixat d'una capa d'imprimació a la superfície exterior. Aquesta capa es necessària per adherir un cop sec el spray de pintura. Amb el prototip enlairat per poder aplicar l'aerosol a tots el cantons i un ambient adequat per evitar crear una atmosfera tòxica, es realitza a l'exterior per aconseguir que s'impregni tot el casc i que l'assecatge de la de la imprimació es realitzi en una bona temperatura i amb un pas d'aire que redueixi el temps d'espera.



Figura 101. Imprimació (font – pròpia)

Un cop transcorregut el temps d'espera per poder tornar a treballar sobre la superfície, s'observa que la imprimació s'adhereix deixant les imperfeccions més focalitzades, permetent treballar amb més visual sobre el casc i aconseguir una superfície encara més llisa.



Figura 102. Aresta polida (font – pròpia)

Seguidament es realitza el pintat del casc per la part exterior. La pintura en aerosol s'escull en un color taronja semblant al color que porta la flota de vaixells de salvament marítim, per tal de que sigui vistós i adequant-lo a un color on la seva funció es vol assemblar a les missions que porten a terme els de salvament. Es procedeix amb la mateixa operació anterior i es deixa reposar. Transcorregut el temps adient, s'inspecciona per veure l'acabat i es conclou que es necessari un nou repàs per tal d'evitar que el fregament del casc amb l'aigua impedeix-hi lliscar amb suavitat.



Figura 103. Imprimació i pintura 1 (font – pròpia)

Es torna a netejar el casc un cop realitza el treball de perfeccionament i de nou s'impregna les parts treballades amb *spray* d'imprimació per a continuació aplicar la pintura.



Figura 104. Imprimació i pintura 2 (font – pròpia)

Per acabar el treball amb la part exterior del casc es proporciona una capa de laca, aquesta capa genera protecció addicional a la pintura i un acabat superficial més polit.



Figura 105. Aplicació del vernís (font – pròpia)

La part interna del casc es recobrirà amb un material que proporciona aïllament als components que s'incorporaran per fer-lo funcional. Aquest aïllament permet localitzar possibles fuites d'aigua amb més rapidesa, a més de retenir l'aigua evitant que arribi a danyar qualsevol component. Aquest material es goma EVA, mitjançant retalls i adherint cada retall als diferents nivells de la part interna del casc, s'ofereix un acabat més estètic i al ser blanc permetrà facilitar la detecció d'aigua que hi pugui haver entrat dins del casc.



Figura 106. Material i eines per la construcció de la caixa (font – pròpia)

Primerament s'organitza els materials i eines per realitzar el procés de confecció de l'aïllament intern. Un cop agrupat tot es fa una presa de mesures i es detalla la inserció de la goma EVA, concloent que és menys difícil instal·lar-la a retalls, que no un tros sencer.



Figura 107. Aplicació goma EVA part lateral (font – pròpia)

Peça a peça s'adhereix al cos intern del casc deixant a la vista els nervis estructurals per visualitzar possibles fuites d'aigua. L'adhesió es realitza mitjançant cola termofusible, amb un cordó fi i fent l'enquadrat de la peça es garanteix una bona fermesa amb el casc.

Per finalitzar l'acabat interior, es retalla la part de popa que juntament amb el fons de la quilla és on es realitza les incisions al casc per fer l'entrada i sortida d'aigua que s'implementarà per fer funcionar la bomba.



Figura 108. Aplicació goma EVA part popa (font – pròpia)

7.5.2 Muntatge de la propulsió i components de navegació

La propulsió emprada en aquest primer model es mitjançant una bomba d'aigua (font d'aigua amb alimentació elèctrica), aquest tipus de propulsió fa la mateixa funcionalitat que la propulsió d'una moto d'aigua, degut això es requereix de dues incisions al casc del model realitzat.

Primerament s'escull la ubicació de les incisions segons 2 factors, un d'aquests factors és el calat mig, per determinar aquest calat es fa ús de peces de ferro de diferents mides i pesos per aconseguir un llast i obtenir uns calats per popa i proa idonis amb la propulsió seleccionada.

L'altre factor que dictamina com realitzar l'entrada i la sortida d'aigua és, la navegació del prototip. Aquesta navegació influeix en la ubicació de l'entrada de l'aigua cap a la bomba, la bomba d'aigua necessita estar submergida llavors és necessari que estigui per sota del nivell de flotació, així, la part de la turbina està en contacte amb l'aigua. Sinó fos així la turbina cavitaria sent incapaç d'impulsar el fluid. La sortida de la propulsió es realitza a la part de proa i el més centrat per evitar que el raig d'aigua surti amb desviació cap a babord o estribord havent de corregir tota l'estona el rumb de navegació. La sortida del raig d'aigua per popa es realitza també per sota el nivell de flotació, evitant perdre l'empenta de la propulsió.



Figura 109. Obertura sortida bomba (font – pròpia)

Amb un ratolí i un útil de desbast es realitza la perforació del casc segons la forma i el diàmetre del tub utilitzat per fer circular l'aigua a través de la bomba i per l'interior del casc.



Figura 110. Entrada i sortida sistema propulsor (font – pròpia)

Un cop finalitzat la perforació s'insereix el tub i es comprova que el forat està adequat, que no escanya ni tampoc queda folgat. Quan es passa el tub per els forats de proa i popa es talla per posicionar la bomba elèctrica. Per mantenir l'aïllament del casc per les perforacions, es proporciona una aplicació de cola termofusible entre el casc i la manega. Tant per dins com per fora atorgant així major aïllament.

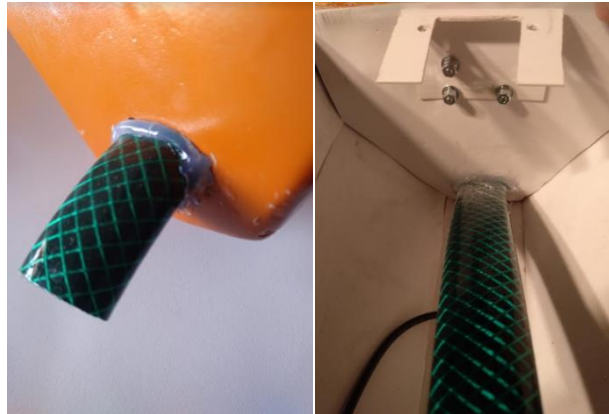


Figura 111. Aïllament de les obertures (font – pròpia)

El posicionament de la bomba es dictamina segons el pes de llast, llavors la millor opció és a la superfície de la quilla i el més aprofit possible, s'evita així que en navegació el pes al interior del llast i la bomba desestabilitzi el prototip.

La següent imatge mostra l'acabat final de la propulsió amb el llast posicionat al llarg de tota la quilla per aconseguir un calat adequat tant per la propulsió com per al comportament del casc en navegació, ja que amb poc calat el balanç comprometria la integritat dels components electrònics que s'allotgen dins del casc.



Figura 112. Connexió mànega (font – pròpia)

A l'hora de col·locar el motor es realitza dos talls als tubs d'entrada i sortida de tal manera que el de entrada sigui més curt aconseguint una entrada més directa d'aigua cap a la bomba. Quan s'introdueix la bomba als tubs, aquests s'ajusten i s'estrenyen a l'entrada i sortida mitjançant dues brides regulables.

En aquest monocasc és requereix la instal·lació d'un timó per governar l'embarcació, en una primera idea es planteja l'ús de dues bombes independents entre si que permetrien el canvi de direcció sense allotjar timó. No obstant per l'espai reduït dins del casc, i per comprovar el funcionament amb un timó si s'aconsegueix un moviment molt més rotatiu, s'estableix la incorporació d'una pala comandada amb un servomotor.

L'estructura de subjecció de la pala i la pala s'exporten d'un model de R/C de vaixells. A l'hora d'instal·lar la subjecció al casc, es determina segons el nivell d'obra viva que s'ajusta amb el llast i el pes dels components. Es marca els forats per on passaran els cargols i es perfora mitjançant una broca del mateix diàmetre per evitar sobredimensionar el forat i evitar un possible punt d'entrada d'aigua. No obstant per la part exterior s'aïllen amb una junta per impedir aquesta possible entrada d'aigua.



Figura 113. Suport pel servo (font – pròpia)

Per finalitzar la part de control del moviment de navegació es procedeix a d'instal·lació d'un servomotor. Aquest component governa el gir del timó, amb la complexitat d'unir el moviment del servomotor amb el timó, s'escull un tipus de filferro per poder transmetre el mateix angle de gir del servomotor.

L'elecció del filferro ve subjecta a dos condicions, la primera segons el diàmetre dels forats on es subjectarà, sent aquests d'un diàmetre que permet escollir diferents tipus de filferro des de el més mal-leable fins a un diàmetre on la rigidesa permet una certa deformació.



Figura 114. Detall limit de gir del servo (font – pròpia)

La segona condició es la ubicació exacta del servomotor on està subjecta a salvar la part de popa per fer arribar la connexió amb el timó. Fent servir els 3 orificis realitzats per la subjecció de la pala es confecciona un suport adient per el servomotor. Aquest suport es un passamà en forma de "L" per aconseguir la subjecció amb la part interna del casc i fer una base per ancorar el servo.

Es fa un retall en el mig del passamà igual la mida del cos del servo per fer-lo passar i ajustar a la distància idònia per salvar les distàncies amb el punt d'ancoratge del filferro a la pala. Finalment es perfora la "L" per introduir dos cargols i subjectar el servo evitant així que es mogui quan aquest actui.



Figura 115. Detall instal·lació servo (font – pròpia)

El filferro s'ajusta a la distància on l'angle del servo es pot transmetre quasi en la seva totalitat a la pala. Gràcies als diferents punts de l'aspa del servo s'escull el que millor s'ajusta a aquest paràmetre.



Figura 116. Detall transmissió servo – timó (font – pròpia)

Quan la part estructural i de govern és finalitzada, s'introdueixen els components que atorgaran el control a distància del motor com del servomotor. Els components necessaris per fer funcional aquest prototip són:

- Bateria de 850 mAh del tipus LiPo, per subministrar la tensió a tots els components de navegació.
- Receptor del comandament per rebre les ordres i activar els dispositius que mitjançant l'acció del comandament es vol actuar.
- Regulador ESC mitjançant aquest component la tensió subministrada per la bateria es controlarà per distribuir els 7,2V cap al motor i per limitar el voltatge de 5V que requereix el receptor.

7.6 Proves experimentals amb el primer prototip

7.6.1 Primera prova: Avarada del monocasc

La primera prova consta únicament de l'avarada del monocasc. La primera comprovació és fixar el nivell de flotació per la instal·lació del motor i veure el estat del casc sense moviment a l'aigua per tal d'esbrinar a on s'ubica el llast i mantenir el calat al mateix nivell tant a estribord com a babord.

Fent servir un llast casolà de paquets d'entre mig quilogram i un quilogram, es reparteix el pes per mantenir una estabilitat i un calat adequats a la funció a desenvolupar. En un principi s'escora a babord, l'escora pot ser resultant de la construcció del casc, aplicant més material a estribord o babord s'aconsegueix el nivell adequat. Se li afegeix pes de 1,813 kg per corregir l'escora.



Figura 117. Prova de flotabilitat amb pes 1 (font – pròpia)

Es verifica que no hi ha cap fuga d'aigua que el revestiment del casc, suporta i no deixa filtrar l'aigua, és completament estanc. L'aplicació final del vernís protegeix òptimament la integritat de la pintura i deixa fluir amb suavitat al prototip per sobre l'aigua. La forma adoptada permet avançar sense gaire esforç deixant entreveure un bon desplaçament amb la propulsió.

Es determina que el nivell d'obra viva amb el llast incorporat, garanteix que l'entrada d'aigua per la part de la quilla més apropiada i la sortida d'aigua de la bomba per la part de la mampara de proa, quedaran per sota del nivell de flotació.



Figura 118. Prova de flotabilitat amb pes 2 (font – pròpia)

Finalitzat la visualització i la primera prova de comportament en estabilitat del prototip, es procedeix a instaurar els components electrònics per controlar la navegació a distància.

7.6.2 Segona prova: instal·lació del propulsor

En primera instància es confecciona una caixa de cartró amb la forma del allotjament del monocasc, s'utilitza el cartró per el poc pes que representa, així s'evita que comprometi en l'estabilitat final. Aquesta caixa es fa per:

- ◆ Ubicar els components electrònics i mantenir separada la part estructural que és el monocasc, de la part funcional que són el dispositius de control.
- ◆ Agrupar tots els components i que sigui possible el seu transport separat del monocasc per possibles substitucions.
- ◆ L'espai inferior de la caixa és suficient per posar llast i la bomba.

La unió de la caixa de cartró està feta amb silicona per possibles modificacions i observar els inconvenients i tenir marge de millora pel prototip final. Tenint en compte que el compartiment de la caixa no es recta, s'adapta a la forma del casc.



Figura 119 Prova caixa per prototip 1 (font – pròpia)

Un cop realitzat la instal·lació i el modelatge del casc per la propulsió es comprova que les obertures practicades al casc per l'entrada i sortida de la mànega del sistema propulsor són completament estanques i que queden per sota del nivell de flotació, prevenint de possibles entrades d'aire. Es controla el nivell de flotació amb el llast modificat amb peces de ferro revestides per ubicar a la sentina del monocasc.

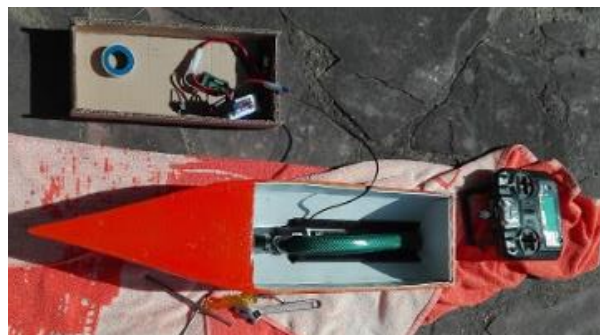


Figura 120. disposició prototip 1 (font – pròpia)

Es torna a introduir el prototip a l'aigua observant possibles entrades d'aigua per les incisions d'entrada i sortida d'aigua. Visualment no es detecta cap fuga i el nivell de flotació és l'adequat. Un cop es comprova visualment l'estat del monocasc es procedeix a fer el primer test de navegació amb el comandament.

El primer contacte amb la funcionalitat no és la més esperançadora, per la unió del tub de sortida d'aigua amb el motor elèctric s'observa una pèrdua d'aigua degut a l'escanyament per l'angle de sortida del motor cap a la popa.



Figura 121. Sortida de la bomba sense colze (font – pròpia)

Amb l'escanyament es troba que el raig d'aigua no surt recte i l'avanç del prototip s'ha de corregir, ja que el rumb és orientat cap a estribord.

Feta aquesta avarada el següent pas és la incorporació d'un element que faci orientar el rumb del model actual segons les necessitats que es requereixin. Un cop instaurat es torna a ficar dins l'aigua i es manté un control visual per les perforacions de la subjecció de la pala per determinar l'estanquitat. S'aconsegueix que el 80% de la pala es mantingui dins l'aigua encara que el timó no fos dirigit cap a babord o estribord.

Per culpa de l'escanyament la funció del servomotor i el timó de dirigir l'avanç es veu afecta i no s'obté un bon gir cap a babord. No obstant es detecta que el raig de propulsió d'aigua no incideix sobre la pala i es conclou en augmentar la superfície de la pala a més profunditat.

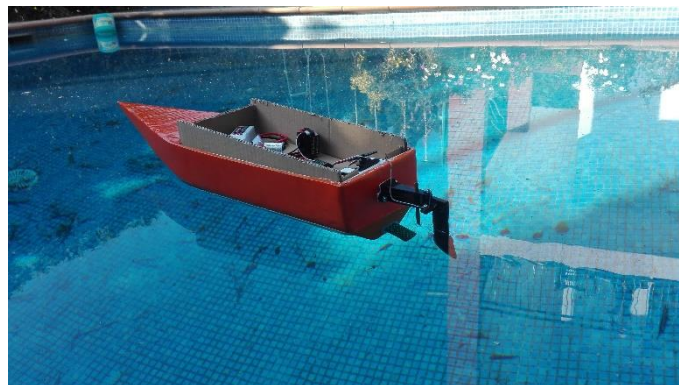


Figura 122. Prova amb timó modificat (font – pròpia)

7.6.3 Tercera prova: Comprovació del funcionament del timó

Per resoldre el problema de la pèrdua d'aigua per la sortida de l'*impeler* i el escanyament del tub, és procedeix a la instal·lació d'un colze de 90º amb la mateixa rosca que la sortida del motor. Aquest colze soluciona tant la part de fuga d'aigua com l'escanyament, encara que l'impuls del raig es vegi compromès per l'angle adoptat del colze.



Figura 123. Sortida de la bomba amb colze (font – pròpia)

Amb la correcció del raig d'aigua el rumb únicament impulsat amb la propulsió és totalment orientat cap a proa sense ser rectificat amb el timó. Encara la propulsió està solucionat la sortida del raig no incideix a la pala del timó, llavors el gir que aconseguir per el servo no es reflecteix amb el rumb que es vol adoptar.

Degut al poc angle de gir es determina augmentar la superfície de la pala cap al fons per aconseguir que el raig faci incisió a la pala i pugui dirigir el raig.

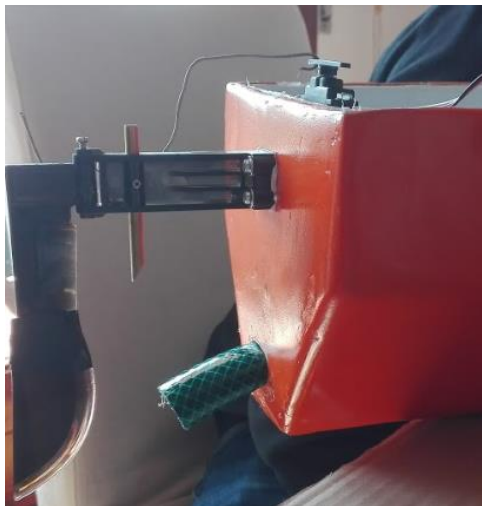


Figura 124. Primera modificació del timó (font – pròpia)

Un cop aplicat la modificació a la pala es fa la prova de navegació observant el desplaçament del prototip i l'angle de gir cap a estribord i babord. Finalitzat aquesta prova es determina que encara es requereix major superfície del timó per obtenir un gir adequat a les funcions del prototip.

7.6.4 Quarta prova: Millora del timó

Aquesta última prova es definitiva per determinar els aspectes bàsics que es requereixen per el prototip i si s'aconsegueix complir els objectius desitjats per la detecció dels objectes al fons marí. Per finalitzar la part de moviment del prototip s'augmenta per segon cop la superfície de de la pala per la part d'incisió de l'aigua. Aquesta prolongació superficial es realitza amb una aleta fent una simulació d'una pala amb més cm quadrats.

Amb aquesta ampliació s'observa que el gir és molt més pronunciat aconseguint un canvi de rumb en poc angle de funcionament del servomotor.



Figura 125. Segona modificació del timó (font – pròpia)

Funciona tot correctament, cap fuita detectada en tota la prova funcional i bon desplaçament del prototip.

7.7 Valoració global del primer prototip

En aquest cas s'ha optat per una bomba i un timó per poder governar el model construït, en comptes de dues bombes sense timó. La directriu d'escollir aquest sistema és per conèixer amb poc equip electrònic la funcionalitat d'un model operatiu i saber fins quin punt garanteix un bon treball de la sonda de profunditat.

Dins de la part funcional el comportament és òptim, no obstant hi han aspectes a millorar com la propulsió desenvolupada per el motor que està limitada per els 19 Watts. Degut a aquesta limitació es pot trobar que depenent els corrents d'aire o d'aigua, no sigui capaç a superar-ho dificultant la navegació establerta.

Un altre aspecte rellevant és la maniobrabilitat mitjançant el timó. Aquest component origina l'inconvenient de dirigir el prototip segons l'impuls del raig d'aigua, per manca de potència aquest component varia segons la mida i profunditat per garantir la seva missió. El gir per focalitzar un punt detectat per la sonda, no es garanteix i es compromet l'observació del fons marí.

Estructuralment i en disseny aquest model dificulta i diversifica la seva confecció per la complexitat dels materials compostos emprats i per el temps invertit des de l'inici de la idea fins a obtenir el resultat final. A més la implicació d'un elevat pes de llast genera un conflicte per realitzar un nou disseny amb les mateixes característiques, evitant introduir tant de pes.

En conclusió es vol escollir un altre tipus de model on el calat sigui el mínim possible evadint la instal·lació del timó i implantar una propulsió que sigui capaç de dirigir el rumb. A més utilitzar un altre tipus de materials per a la construcció on es pugui reduir costos i temps d'assemblatge.

Capítol 8. Construcció del segon prototip i proves experimentals

En la implementació d'aquest segon prototip es realitza un canvi d'estructuració i de materials per la construcció, per tal d'aconseguir un model on el calat sigui el mínim possible. Es modifica la base inicial per una estructura separable dels components de control, atorgant una facilitat de transport i de treball. A més d'assolir una navegació sense timó mitjançant una doble propulsió.

8.1 Característiques principals

Les característiques principals són:

- Eslora: 87,8 cm
- Màniga: 38,5 cm
- Calat de proa: 2 cm
- Calat de popa: 3,5 cm
- Desplaçament: 3 kg
- Propulsió: dos motors de 12V de CC

8.2 Principals modificacions

Es realitza primerament una modificació amb la idea d'utilitzar materials que pel seu assemblatge es redueixi temps de construcció i número de components, aconseguint així abaratir costos. Amb aquest propòsit s'arriba a la conclusió de treballar amb una base similar a la construcció per peces ja confeccionades, on només s'efectua la unió i posterior segellat per fer-ho estanc.

La implementació d'un tipus de peces on s'escorci els temps de treball i s'aconsegueixi una estructura que permeti una flotació amb poc calat, atorga un alient, degut a que la base ha de ser sòlida i estanca. Com a primer disseny es considera els fonaments lògics del funcionament dels submarins, ja que aquests treballen segons si els tancs de llast s'omplen d'aigua o d'aire per aconseguir submergir-se o flotar per sobre l'aigua.

Un cop raonat el propòsit d'instaurar aquest concepte, es determina adquirir materials cilíndrics combinables per el seu assemblatge. En el mercat actual existeix un material ideal per les característiques que ofereix en base a aquesta confecció, per assolir aquesta idea es dedueix l'adquisició de tubs de PVC. Aquest material resolts molts aspectes rellevants d'aquest prototip, ja que és un material derivat del plàstic molt versàtil, amb relativament poc pes i fàcil d'adquirir.



Figura 126. Tipus de connexions de PVC [35]

Amb els tubs de PVC es garanteixen qüestions com unions entre peces amb posterior estanquitat, amb aquesta estanquitat s'assegura a tota l'estructura una cambra d'aire per mantenir una flotabilitat i un calat òptims per el desenvolupament de les funcions del prototip. Un dels punts favorables de la unió per peces és, establir una base separable del compartiment on s'introduiran els components de control, a més d'establir una doble propulsió per suprimir el timó on la pala originaria un augment del calat.

Envers de la construcció del primer prototip, el preu d'aquest material és més econòmic, degut a l'ús generalitzat per fer canalitzacions per el pas d'aigua o de diversos fluids i que redueix el cost per peça i tram de tub a nivells valorables per adoptar diferents tipus de configuracions.

Quan es determina treballar amb canonades de PVC un dels punts rellevants és la varietat de diàmetres que existeixen per els diferents àmbits aplicatius. Per centrar la recerca del diàmetre adequat a la instauració a l'estructura, es treballa en base a la propulsió adquirida per evitar sobredimensionar el prototip i ajustar els paràmetres per garantir una flotabilitat òptima.

Segons les mides dels motors i la varietat de diàmetres del mercat dels tubs de PVC, el més adequat es el diàmetre normalitzat de 40mm. Es una secció prou favorable per garantir una cambra d'aire i mantenir una flotabilitat estable en navegació. Els motors es col·locaran deixant un espai entre el tub i la carcassa del motor, suficient per si s'hagués d'incorporar un serpentí al voltant del cos del motor per refrigerar-lo.

Per acabar la selecció de material es contempla diferents tipologies de construcció per definir el model final i determinar el número de peces i els metres de tub necessaris per la confecció.

8.3 Materials de construcció

La selecció de acoblaments per el tub de PVC i els metres de PVC permet la creació d'un suport per un compartiment per transportar els dispositius de control i mantenir una superfície de contacte amb l'aigua per l'estabilitat en navegació. Derivat d'això es dinamitza la creació d'una base semblant a un model existent d'embarcació tipus semirígida o neumàtica.

Tub de PVC

El material utilitzat per aquestes peces és el PVC, es construeix com a composició combinada entre el carboni, hidrogen i clor. Amb una procedència entorn al 43% de petroli i 57% de sals. Aquesta composició fa que sigui un dels plàstics més versàtils, amb unes característiques de duresa i ductilitat apropiades per complir la seva funció.

Capaç de suportar uns 70º abans de començar a deformar-se, gran resistència a la flama i al corrent elèctric. La protecció als components elèctrics per derivació elèctrica es molt bona degut a que no farà de conductor entre l'aigua i el circuit de la instrumentació.

Fent una esmena al reciclatge i la sostenibilitat del medi ambient, el PVC és un material reciclable, així permet treballar i rebutjar els retalls innecessaris sense malmetre al ecosistema.



Figura 127. Tubs de PVC [36]

Aquest tub de 40mm de diàmetre permet un tall seccionat apropiat a les mesures que es volen implementar, això ve donat al poc gruix entre el diàmetre interior i exterior. Existeixen dos classificacions de canonades segons la pressió de treball, si la pressió que ha de suportar és elevada (fins a 25 bar de pressió) el revestiment és més gruixut per evitar fuites i esquerdes. Com que per el prototip només es farà estanc per evitar l'entrada d'aigua, no és necessari aplicar aquest tipus de tub evitant augmentar el pes final de l'estructura. La llargària necessària ve determinada per les seccions entre colzes i les tes, no obstant queda subjectada a modificacions per comportament d'estabilitat.

Colze de 45º de PVC

Per la selecció d'un colze de 45º ve imposada per la similitud de forma de la proa d'una embarcació neumàtica. Aquesta similitud garanteix adoptar una proa per on permeti circular l'aigua sense oferir gran resistència a l'avanç.

La constitució d'aquest element estructural dona un reforç a les unions en angle que referma una estructura sòlida tant en navegació com per qualsevol situació d'embarrancada. Està dissenyat de tal manera que en la unió amb el tub, aquest s'insereix fins a 27 mm de profunditat.



Figura 128. Colze de 45º de PVC [36]

Colze de 90º de PVC

En aquest model únicament s'erigeix amb un colze de 90º, aquest s'ubica a la part de proa. La posició i funció es determinant per l'estructura, a causa de la unió amb el tub de PVC i segons la llargària d'aquest, que dictaminarà la màniga final del model.

Es la part constructiva més crítica degut a que és el punt on parteix tota la construcció i per àmbits de navegació pot patir col·lisions o cops que perjudiquin les unions o la integritat estructural. El acoblament és idèntic al del colze de 45º, el tub s'introdueix fins a 27 mm.



Figura 129. Colze de 90º de PVC [36]

Tes de 90º de PVC

Quan es vol connectar en la mateixa línia del tub una sortida a diferent nivell, s'implementa una Te. La funció es derivar una línia diferent per obtenir un reforç o subjectar el compartiment del components.

La instal·lació amb el tub és equivalent als colzes, amb la peculiaritat que la sortida que es troba a 90º es pot orientar cap a on es desitja, escollint una conformació amb una altre Te per fer un reforç transversal o orientar cap a una nova coberta i unificar diferents Tes per aconseguir una base per el compartiment.



Figura 130. Te de 90º de PVC [36]

Tap cec i connector de PVC

La instal·lació del motor a l'estructura ha determinat la secció del tub per fer possible el l'ajust amb un tap i posterior unió amb un connector. El tap fa la funció de subjectió del motor amb el connector i el connector s'uneix amb el tub de PVC fins arribar al límit del 27 mm.

Aquesta composició permet aïllar el motor de la part exterior on s'ubica el *hidrojet*, a més de sustentar dins de l'estructura tot el cos del motor evitant el contacte amb el PVC. No obstant és d'obligació la implementació d'una junta de goma per fer estanc la unió d'eixos entre el motor i l'*hidrojet*.



Figura 131. Tap i connector de PVC [36]

Làmina de poliestirè

En el mercat actual existeix gran varietat de làmines de poliestirè, aquest material té les característiques bàsiques de rigidesa i transparència per poder modelar qualsevol construcció i sustentar tot el pes sense esquarterar-se.

Per confeccionar el compartiment on s'ubicaran tots els components, s'adquireix una làmina de proporcions 1 metre x 70 cm x 2,5 mm de gruix. El gruix seleccionat garanteix una resistència suficient per evitar que es doblegui o es trenqui quan es manipuli, a més, l'acoblament amb la base del prototip és un punt crític degut al continu muntatge i desmuntatge.



Figura 132. Làmines de poliestirè [36]

Adhesius de PVC

Un adhesiu especial per unions de tubs de PVC rígid. Es tracte d'un adhesiu molt potent per consolidar la connexió entre els tubs i els accessoris que es vulguin muntar. De ràpid assecatge i amb la particularitat de segellar i soldar les dos superfícies que estan en contacte.

Té una similitud en adherència i resistència a les unions soldades entre acers, a causa d'això l'adhesió és irreversible, on l'única manera de corregir qualsevol unió inexacte és mitjançant el tall del conjunt. L'adhesiu de PVC té com a propietats generals:

- Adhesió en un curt termini de temps.
- Segons la composició de reines que conté, atorga capacitat de farcit per les folgances entre superfícies.
- Elevat índex tixotropia on el compost es manté viscos sense dividir-se.
- Realitza una soldadura química gràcies a la composició sense deixar restes o residus que es desplacin durant l'aplicació.



Figura 133 Adhesiu de PVC marca ceys [36]

Goma neumàtica

A les unions entre superfícies planes i sòlides que es troben en contacte amb l'aigua, es requereix d'un element que permeti la separació entre aquestes superfícies i a més garanteix l'estanqueïtat de la unió. Aquest element que permet unions amovibles i ofereixi estanqueïtat es la goma neumàtica.

La funció principal és mantenir el contacte permanent per adherència i fricció i no deixant fluir l'aigua a través de la unió. Per la seva composició es un material molt deformable conservant les seves característiques principals.



Figura 134. Càmbra de neumàtic retallada (Font - pròpia)

Tefló

Un material molt valorat en unió de canonades és el tefló. Encara que és una marca registrada, comunament és un compost de polímer anomenat politetrafluoroetilens. La característica principal és que es pràcticament inert, no fa cap reacció amb altres substàncies químiques i conté una gran flexibilitat que permet adaptar-se a les superfícies acoblades sense ser un obstacle en el moment de fixar la unió.

Un baix nivell de coeficient de fricció i impermeabilitat, això permet mantenir les qualitats en front ambient humits. No es conductor del corrent elèctric i té gran capacitat tèrmica per suportar temperatures elevades de treball.

Quan la unió requereix un desacoblament, el tefló es pot retirar i tornar a instaurar una nova capa en substitució de la capa ja aplicada.



Figura 135. Rotlle de tefló [36]

8.4 Circuit de components de control

La connexió del circuit de control per el prototip 2 és significativament diferent al del primer prototip. Degut a la incorporació de dos motors i la necessitat d'instal·lar dos reguladors, un per cada motor. El circuit s'elabora a partir de la connexió de 2 bateries:

- [?] Per suplir el corrent elèctric s'adquireixen 2 bateries de 2200 mAh, cada bateria subministrarà tensió a un motor determinat, a través d'un regulador connectat a un motor.
- [?] Aquestes bateries també incorporen un controlador de nivell de voltatge per la comprovació de l'estat de càrrega de les cel·les.
- [?] La connexió del regulador amb la bateria es realitza mitjançant connectors de ràpid acoblament i desacoblament. Les sortides de tensió cap als motors queden sense connectar a la imatge, ja que els motors estan integrats al prototip. El interruptor té la mateixa funció que en el darrer prototip, on permet subministrar la corrent al receptor a través de la connexió BEC.
- [?] El receptor rep les dues tensions en paral·lel de les bateries, per tant el voltatge de treball segueix sent el mateix que subministrat qualsevol dels dos reguladors.
- [?] Per defecte de fàbrica un dels reguladors no fa la funció de BEC, és a dir no limita el voltatge de la bateria i proporciona els 12V. S'instal·la un regulador de tensió i carga que limita fins a 6V i 2A el corrent que circula després del regulador. Únicament s'incorpora al circuit de positiu i negatiu, mantenint el cable de senyal (blanc) per poder regular la potència del motor.

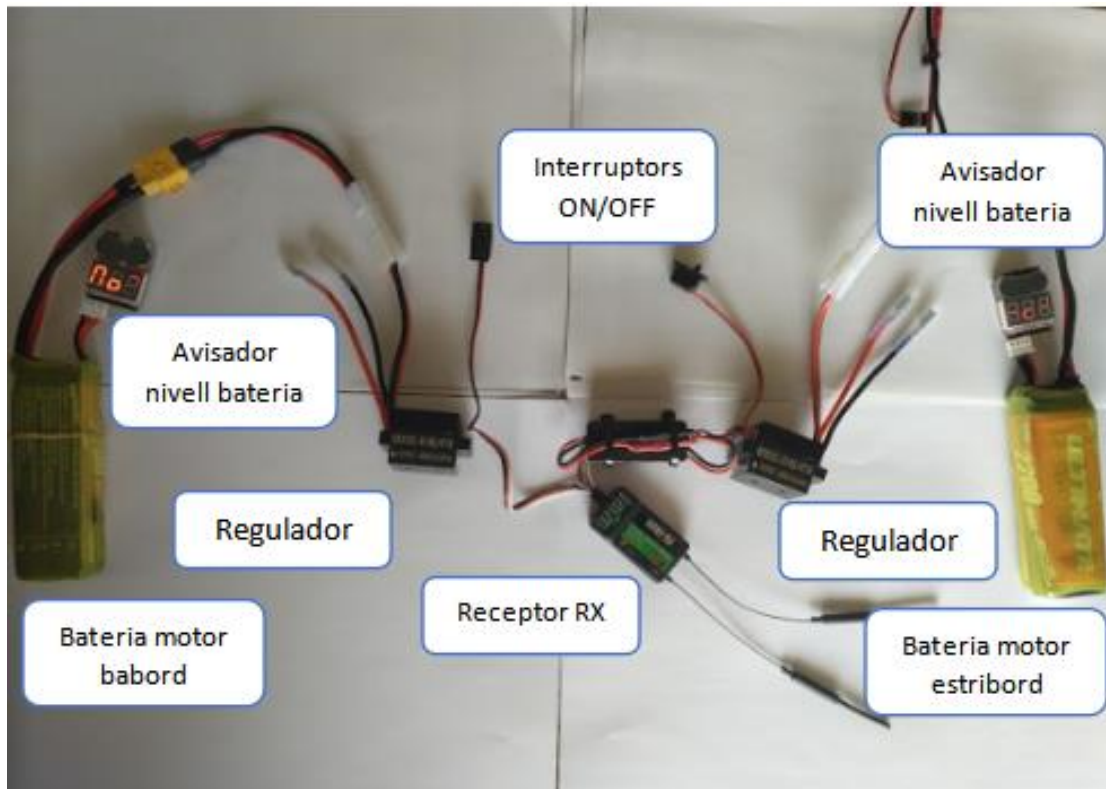


Figura 136. Circuit de control del segon prototip (Font - pròpia)

8.5 Fases del muntatge del segon prototip

Inicialment es recopila el número de colzes, Tes, connectors, etc. Per confeccionar una base segons el criteri acordat. Un cop agrupat tots el accessoris per les unions entre el tubs de PVC es procedeix a fer una primera vista de la distribució sobre una superfície plana.



Figura 137. Presentació dels connectors abans de l'acoblament (Font - pròpia)

Després de decidir com s'allotjaran els colzes i les Tes per aplicar un reforç i seleccionar una distància adequada per una bona màniga, es procedeix a tallar el tub de PVC a les mesures

adoptades segons el criteri de la màniga i de mantenir una distància entre els acoblaments, evitant punts on el pes faci un calat excessiu.

Un cop retallat tots els tubs s'inicia el primer acoblament per focalitzar possibles modificacions o aspectes a millorar. En primer instància la base és sòlida, resistent i amb una bona superfície per mantenir una estabilitat adient per la navegació. No obstant es determina modificar la base inicial per introduir les sortides per la motorització.



Figura 138. Primera estimació d'estructuració(Font - pròpia)

Amb aquesta modificació es planteja ubicar en un cert angle, sota la línia de flotació, la motorització garantint que aquesta impulsarà aigua i no absorbiria cavitats d'aire per un possible treball prop de la superfície de l'aigua.

Observant els possibles moviments, el desplaçament del prototip i la complicació del transport de l'estructura a causa de la mida excessiu d'aquesta configuració, s'elimina el segon esbós i es continua en línia de treball inicial. Per comprovar la configuració desenvolupada i evitar d'enganxar amb l'adhesiu de PVC, com les unions s'introdueixen amb un cert ajust, s'aplica un parell de voltes de cinta de tefló. Encara que aquest material s'emprà per unions en conductes amb rosca, serveix per establir un primer contacte amb el comportament del prototip en termes de flotació.



Figura 139. Connexionat amb tefló (Font - pròpia)

Confecció compartiment del components electrònics

Per transportar els components d'una manera segura i aconseguir que sigui d'un aspecte visual tècnic, es genera una primera idea d'un compartiment que sigui totalment transparent per minimitzar el impacte visual sobre l'estructura del mòdel. Emprenent aquest idea com a principal focus de treball, aquest compartiment ha de mantenir els components dins sense risc d'exposició a l'aigua i que no es decantin fora mentres es navega.

Fent ús de la làmina de poliestirè i amb un cúter per realitzar els talls, es prenen mesures sobre la base del prototip i es construeix un recipient rectangular segons les mesures adoptades:

- ◆ 40.5cm de llargària
- ◆ 29cm d'amplada
- ◆ 8,5cm de profunditat

Les peces retallades s'assemblen mitjançant el mateix adhesiu emprat per el PVC. Els talls s'efectuen repetidament sobre la mateixa línia marcada i alfinal es realitza un cop sec per separar els tros marcat.



Figura 140. Retall amb cúter sobre el poliestirè (Font - pròpia)

Finalment sortiran 5 peces que s'uneixen entre si per donar forma al compartiment, el procés d'unió es fa per trams amb un temps d'espera per garantir l'assecatge de l'adhesiu.



Figura 141. compartiment finalitzat (Font - pròpia)

El connexionat del compartiment amb l'estructura es realitza amb connectors de PVC per fer una extracció ràpida i senzilla. S'adhereixen amb l'adhesiu de PVC i es deixar reposar, un cop sec es comprova la rigidesa de la connexió i l'acoblament entre les parts.

Construcció del conjunt propulsor

Per implantar al prototip els dos motors elèctrics, primerament es selecciona els materials per accoplar el motor al PVC. El tap de PVC anteriorment adquirit, realitzarà la unió entre el motor i el propulsor, de tal manera que es subjectarà el motor amb dos cargols i l'eix traspasarà per el centre del tap.



Figura 142. Tap amb les perforacions per el motor (Font - pròpia)

Un cop perforat els orificis per subjectar el motor es retalla tot el perímetre, deixant únicament la part frontal amb els orificis. La unió entre el tap i el motor es consolida mitjançant goma neumàtica per fer estanc l'acoblament.

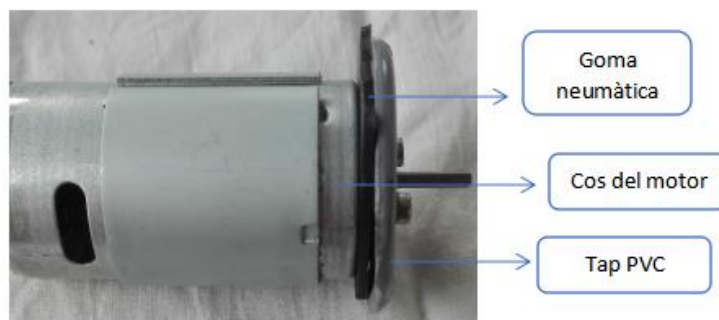


Figura 143. Motor amb el suport acoblat (Font - pròpia)

A continuació s'introdueix en el connector de PVC per segellar el tap amb el connector i fer uniforme el cos d'unió amb el tub de PVC. Aquest procés mantindrà el motor dins de l'estructura dels tubs de PVC i l'eix que comunica amb el propulsor surt per el tap.



Figura 144. Connector de PVC amb el motor instal·lat (Font - pròpia)

El següent pas es treballar amb el propulsor i la unió amb el motor. El primer plantejament es la substitució dels cargols per uns altres de més llargària per poder acoblar un reforç de poliestirè que protegirà el gir del eix i el cardà de qualsevol element que hi hagi per l'aigua. Abans de confeccionar aquesta protecció, s'ajusta l'eix de propulsor amb l'eix del motor i es fixa els presoners per consolidar la unió.



Figura 145. Vista del acoblament motor-propulsor (Font - pròpia)

Acte seguit es prenen mesures per desenvolupar les peces de poliestirè i retallar-les segons les distàncies adients. Quan s'obtenen els 4 retalls, el retall que es realitza per la part de sota del propulsor requereix de 6 perforacions per els cargols més una perforació central per l'absorció de l'aigua impulsat per la turbina.



Figura 146. Treballs realitzats sobre la protecció del propulsor (Font - pròpia)

Mitjançant un ratolí es perforen les diferents dimensions dels forats i es pot controlar l'exactitud de les incisions. Quan es finalitza el treball amb el poliestirè es realitza els mateixos retalls amb la goma pneumàtica per la part inferior del propulsor, per evitar que amb la subjecció dels cargols s'esquerdi i trenqui la protecció.



Figura 147. Junes neumàtiques per les proteccions del propulsor (Font - pròpia)

Es retalla també dues juntes per la part d'impulsió del raig d'aigua per evitar que amb la unió amb el poliestirè es dispersi el raig en comptes de sortir per el difusor.



Figura 148. Conjunt de peces abans de consolidar la protecció (Font - pròpia)

Per finalitzar el treball de confecció de la part propulsora s'adhereixen les peces amb l'adhesiu emprat per el PVC i cargolen els mascles a la base del propulsor per ajustar el conjunt. Es retalla un tram de PVC transparent per la futura unió amb l'estructura del tercer prototip i evitar retallar i extreure l'adhesiu impregnats al connector del motor.



Figura 149. Resultat final del conjunt propulsor (Font - pròpia)

8.6 Proves experimentals amb el segon prototip

8.6.1 Primera prova: estructuració de la base més avarada

Es realitza l'aplicació de tefló repetidament per a totes les unions abans simulades i es realitza la primera avarada en un espai controlat. Amb un nivell d'aigua reduït per observar el comportament de l'estructura i extreure'l del aigua si fos necessari.



Figura 150. Primera avarada (Font - pròpia)

El comportament del prototip en termes d'estabilitat està comprés dins dels raonaments inicials. Per tant l'estructuració dels tubs amb els accessoris serveix de base per evolucionar en possibles modificacions. El següent pas és l'adaptació del compartiment on s'ubiquen els components i la modificació per establir la propulsió.

La implementació dels propulsors requereix d'una modificació estructural conseqüent amb els reforços transversals, haguent d'eliminar el reforç de popa per poder ubicar les sortides de la propulsió.

Un altre aspecte que repercuteix en el pes, és la substitució de les connexions per unes de menys pes, assolint una flotabilitat major sense el pes adicional dels components electrònics.

8.6.2 Segona prova: Modificació estructural i comportament en navegació

Quan s'han adquirit les noves connexions, es substitueixen per les de major pes, a més la part de popa es modifica extreient els colzes de 90º i ubicant Tes per la sustentació del compartiment. Els tubs de PVC de popa queden sense connector, exposats a l'aire lliure on es realitza un tancament amb els colzes de 90º per fer la primera prova de flotació i navegació sense propulsors.

Per realitzar aquesta prova es procedeix a aplicar l'adhesiu entre les unions per fixar el resultat de la primera prova on va ser concluent l'acceptació de la base i posterior modificacions per la implementació d'aquesta estructura al prototip.

L'adhesió s'efectua per fases, primerament el colze de proa amb les prolongacions del tub de PVC. Sense cap complicació ja que l'aplicació de l'adhesiu és senzill i els tubs han d'insertar-se

evitant moviments rotatius. Successivament s'executa el mateix tipus d'operació per el connexionat de la part d'estribord i babord, tenint en compte la posició de la Te per la subjecció del compartiment.

A continuació es vincula la part d'estribord amb la de babord a través del reforç transversal, transcorregut uns 10 minuts d'assecatge i de consolidació de la unió, es procedeix al últim ensamblatge de la proa amb la resta d'estructura.

Arribat aquest punt l'adhesió entre les dues parts es veu truncada per les imperfeccions dels talls i es requereix forçar l'entrada dels connectors al tub, tot i així l'estructura d'adequa a la base estipulada.



Figura 151. Segona confecció de l'estructura (Font - pròpia)

Transcorregut el temps d'assecatge i haguent fet una comprovació visual de les unions, el següent pas és verificar el comportament en navegació del treball realitzat.

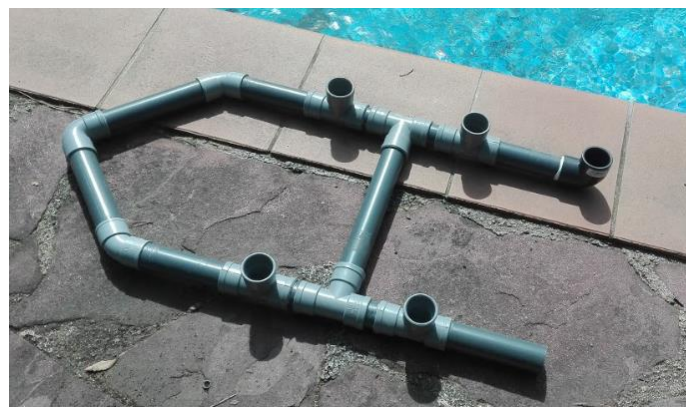


Figura 152. Base preparada per l'avarada (Font - pròpia)

Abans d'introduir el prototip a l'aigua, s'estableix uns colzes de 90º a la part de popa on s'ubiquen els propulsors. Degut a possibles fuites d'aigua i per evitar que aquestes curtcircuitin els motors. S'aplica un parell de voltes de tefló a la connexió entre el tub i el colze.

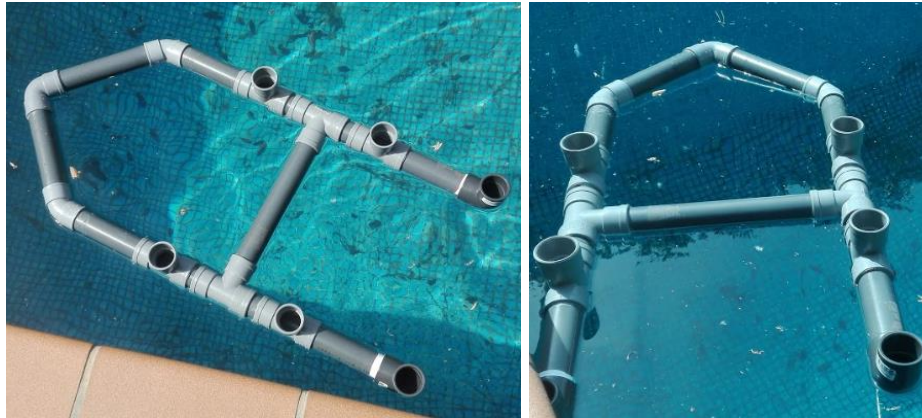


Figura 153. Prova de flotació i navegació (Font - pròpia)

Concluent la segona prova es determina una flotació òptima en pes rosca, l'estabilitat en navegació es equilibrada, sense cap escora tant a estribor com a babord. No s'observa cap filtració d'aigua i la rigidesa de l'estructura es manté posteriorment al treball a l'aigua.

8.6.3 Tercera prova: Desplaçament en llast i comportament en navegació

Per consolidar l'aplicació d'aquesta estructura es realitza una prova simulant una navegació amb el pes real final. Es prenen mesures del pes dels components i s'ubiquen sobre una plataforma, que es situa sobre el centre de l'estructura.

Mitjançant la visualització del nivell de flotació, es precisa l'augment de superfície de flotació per la part de popa. Aquesta inspecció resol que la flotació a la part apopada està compromesa, degut a la posterior instal·lació dels motors. La instauració dels propulsors augmentarà el pes i el nivell d'obra viva, fent perillar l'estabilitat en navegació.



Figura 154. Simulació de flotació amb pes afegit (Font - pròpia)

8.6.4 Quarta prova: Augment superficial de flotació

Del resultat de l'anterior prova s'efectua un canvi en l'estructura per ampliar la superfície de contacte amb l'aigua i garantir major superfície de flotació i que el pes afegit no generi un sentit positiu.

Aquest augment superficial es desenvolupa en la part de popa, substituïnt els colzes de 90º per 2 Tes i acoplant un nou reforç transversal per fer aquest augment. A més es prolonga les unions amb els motor per evitar concentrar tot el pes en poc espai.

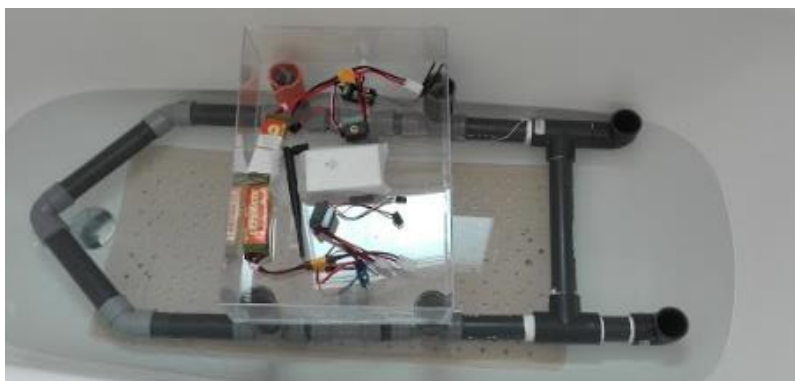


Figura 155. Comprovació de la modificació estructural en flotació (Font - pròpia)

Es fa una primera instància amb la nova adaptació a l'estructura per visualitzar les distàncies òptimes per instaurar els motors i si es requereix una modificació total del prototip. Per fer una prova el més real possible al resultat final s'uneix el compartiment amb els components electrònics, simulant el pes total.

La simulació del reforç transversal amb les Tes i el colzes de 90º a la part dels propulsors s'efectua mitjançant els connectors de major pes per equiparar el pes final que s'adoptarà amb l'acoplament dels motors.

El resultat és acceptable, el nivell de flotació es admissible per proseguir amb la instal·lació dels nous connectors de inferior pes i segellar les unions definitivament.



Figura 156. Estructura final amb els reforços transversals (Font - pròpia)

Amb la base finalitzada el pas posterior és acoplar els motors amb les prolongacions de tub transparent per fer una prova de motorització i valorar els resultats obtinguts per concloure la construcció del prototip.

8.6.5 Cinquena prova: Acoplament de la propulsió i navegació

Finalitzat la confecció de base estructural i comprovat la flotació amb e nivell d'obra viva amb el respectiu seient, es procedeix a instaurar els motors abans acoplats al connector i la prolongació de PVC. La inserció és més dificultosa degut al diàmetre exterior del tub, a causa d'aquest augment l'acoplament es realitza únicament per fricció, sense aplicar-hi adhesiu.

S'ubica fins arribar al tope de la connexió (27mm de profunditat), s'acobla d'aquesta manera per poder extreure el conjunt i muntar posteriorment al prototip final.



Figura 157. Unió entre part propulsora i estructura (Font - pròpia)

Un cop la motorització està instal·lada a l'estructura es comprova que tot està subjectat, l'estructura és rígida i no hi ha cap unió sense adhesiu. Seguidament es realitza una prova d'estabilitat per comprovar amb el pes final si l'estructuració resisteix el pes i el prototip no genera un sient apopat.

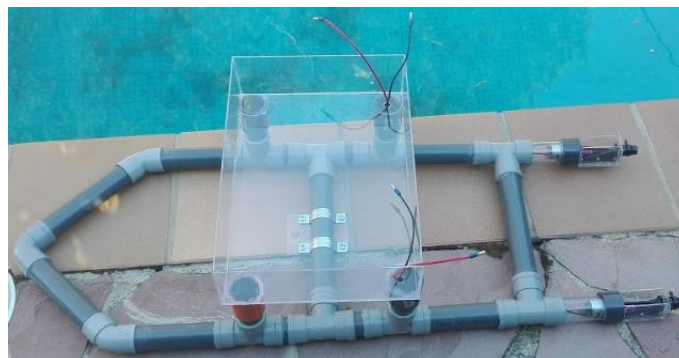


Figura 158. prototip amb compartiment acoblat (Font - pròpia)

Es diposita el prototip a l'aigua sense els components electrònics, on només es controla les possibles filtracions per les unions de la motorització i el nivell de flotació en rosca. El nivell de sient apopat encara segueix sent pronunciat, per la resta d'estructura el nivell es equilibrat. No es detecten filtracions i es manté sòlida.

Per acabar la prova i verificar un funcionament òptim del prototip, s'inclouen els components de navegació per examinar el nivell de flotació final i realitzar una prova de navegació.

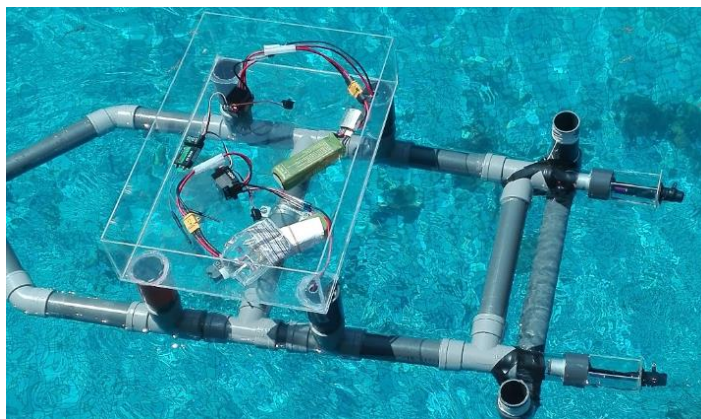


Figura 159. Prova final de navegació amb reforç per augmentar la flotació (Font - pròpia)

El prototip no garanteix una estabilitat per la part de popa, a causa del pes dels motors i els propulsors, s'enfonsa fins un nivell on l'integritat del prototip i dels components electrònics perillen per un enfonsament total del mòdel.

S'acopla un reforç transversal momentani per revertir aquest seient apopant. S'observa com el nivell es equiparatiu tant a proa com a popa, damnificant el treball realitzat i valorant una nova configuració per el prototip final.

8.7 Disseny final

Correspon al disseny final del segon prototip incloient totes les modificacions aplicades al llarg de les proves experimentals

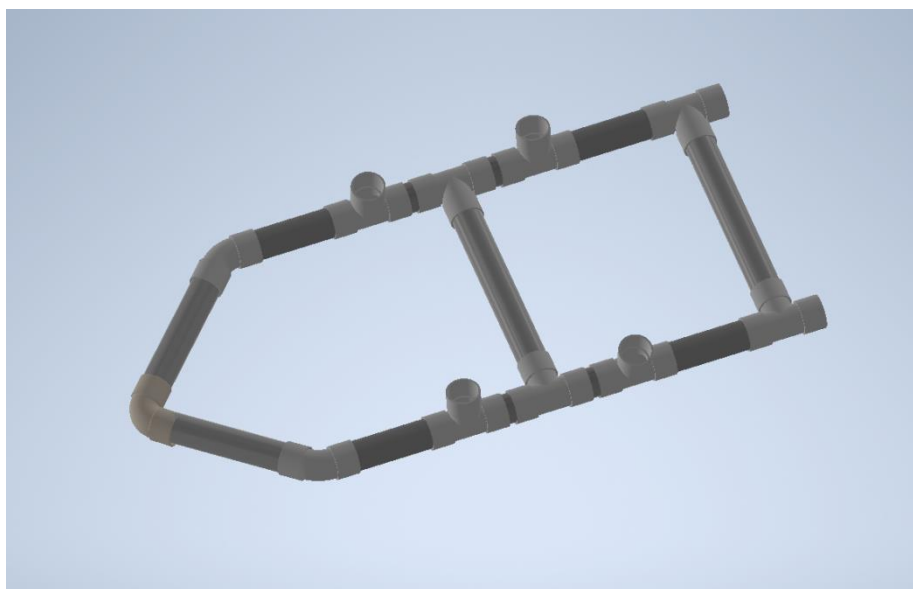


Figura 160. Representació en 3D del segon prototip (Font - pròpia)

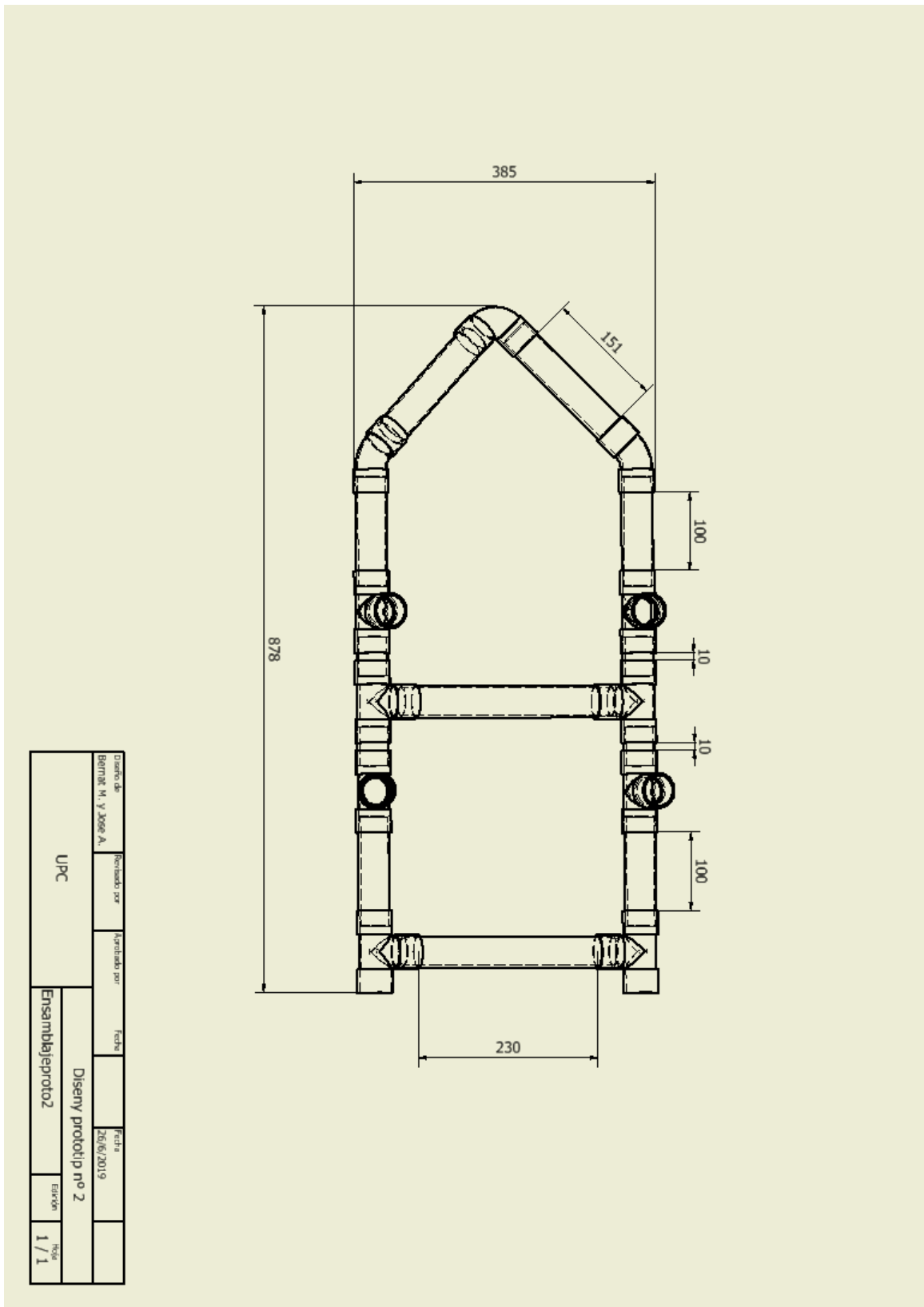


Figura 161. Disseny gràfic segon prototip (Font - pròpia)

8.8 Valoració global del segon prototip

La construcció d'aquest prototip envers al primer, millora exponencialment el comportament de l'estabilitat, els temps de confecció, i redueix els costos de la materia prima de l'estructura principal. El progrés de finalització d'aquest prototip comporta més proves per poder trobar una base que garanteix un seient equilibrat.

La instauració de dos motors per substituir l'ús d'un servo per controlar el rumb, otorga una evolució en el viratge considerablement notoria respecte al ús d'un únic motor amb un timó. Encara que la retropropulsió no sigui efectiva en aquests propulsors, l'impuls regulat d'un sol motor genera suficient potència per aconseguir una curva d'evolució d'un radi inferior que amb al timó.

La propulsió és idònia, té suficient potència per poder treballar segons les necessitats requerides a més de proporcionar energia per superar qualsevol corrent d'aire com d'aigua. Es manté l'aïllament entre el motor i el propulsor verificant el correcte treball d'estanquitat realitzat.

La interacció entre el transmissor-receptor i la resta de components compleix amb les expectatives, sense cap tipus de interferència inclòs allotjat dins del compartiment. Transcorreguts uns minuts de navegació es comprova l'estat de l'estructura i les unions sense cap anomalia, incloent els components electrònics que no presenten cap augment de temperatura.

En conclusió el treball realitzat es òptim per modelar l'últim prototip executant un parell de canvis estructurals, el conjunt de components electrònics treballa correctament, s'han fet proves externes tant de la càmera com de la sonda i el proper pas és instaurar aquests dos elements per fer operacional l'últim prototip.

Capítol 9. Construcció del tercer prototip i proves experimentals

En aquest capítol es procedeix a aplicar els coneixements adquirits en els processos de construcció i disseny duts a terme anteriorment per a la construcció del tercer i últim prototip. Es continua amb la idea del segon model d'utilitzar tubs de PVC aplicant petites modificacions per millorar la flotabilitat i construint nous suports on instal·lar la sonda i la càmera a partir del poliestirè.

En aquest capítol l'apartat de materials s'ha prescindit ja que són els mateixos utilitzats en el prototip 2 l'apartat 8.2.

9.1 Característiques principals

Les característiques principals són:

- Eslora: 100 cm
- Màniga: 67 cm
- Calat: 2 cm
- Desplaçament: 3,5 kg
- Propulsió: dos motors de 12V de CC

9.2 Circuit de components de control

El circuit final del prototip és idèntic al circuit del prototip número 2, on només s'incorporen dos components fonamentals per el desenvolupament del projecte. Tant la sonda com la càmera FPV requereixen de subministrament elèctric i es realitza amb extensions del connexionat del prototip anterior, per tant:

- ☐ La càmera té una tensió de treball compresa entre els 2,9 i 5,5 volts, aquesta es connecta a una sortida del receptor, però, a causa del defecte de fàbrica del regulador, es modifica el cable de connexió de la càmera i s'introdueix una resistència de 9 Ohms per obtenir una caiguda de tensió fins als 3,7V.
- ☐ També s'instal·la un servo per poder direccionar la càmera uns 100° de babor a estribord i obtenir una imatge de navegació òptima per controlar els possibles obstacles que es interposin en el rumb d'avanç.
- ☐ L'emissor de la sonda nàutica treballa a 12V, llavors requereix d'una modificació al cablejat per obtenir els 12V de la bateria. A més s'incorpora un petit relé de 5V per poder activar la sonda quan els interruptors dels reguladors s'activen i així evitar un fluxe de corrent continu cap a la sonda quan aquesta no estigui a l'aigua.

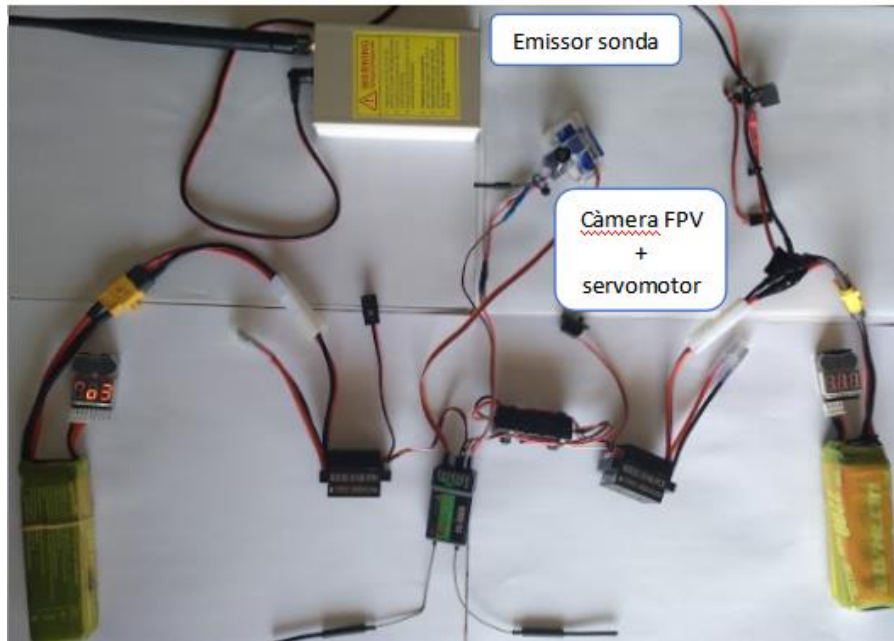


Figura 162. Circuit de control de navegació del prototip final (Font - pròpia)

9.3 Fases de muntatge del tercer prototip

La confecció del tercer prototip i definitiu és determinat pel mateix mètode que l'anterior model en quan a base estructural aplicant les millores corresponents. En els resultats anteriors l'estructura amb el pes de la caixa sense tots els components electrònics tenia un baix nivell de flotació, per augmentar-la es decideix incrementar la superfície de flotació afegint més tubs de PVC, per una banda als laterals i per altra banda a popa, on és més susceptible de submergir-se, les connexions en creu de PVC han facilitat l'acoblament de d'aquesta prolongació.

L'ús del PVC com a material base de l'estructura va ser apropiada i la única millora a la que es va optar és en utilitzar el tub transparent d'aquesta manera existeix la possibilitat d'observar d'interior de l'estructura i comprovar l'estanqueïtat o l'entrada d'aigua.



Figura 163. Peces tercer prototips (Font - pròpia)

9.4 Elaboració de l'estructura

Per l'elaboració de l'estructura es prenen les mides anteriors més els afegits. Cal tenir en compte les distàncies del cablejat de la sonda i dels motors. Un cop retallades totes les peces es col·loquen per comprovar que totes encaixen perfectament sense variar el l'estructura bàsica, després es procedeix al poliment dels apèndix amb paper de vidre per posteriorment pintar els colzes i connexions, aplicant inicialment una capa d'imprimació i deixant reposar el temps establert i finalment la pintura. Per aplicar uniformement la pintura es fa passar un cordill per dins de les peces i es suspeneu a l'aire (Figura 164).



Figura 164. connexions penjades preparades per pintar (Font - pròpia)

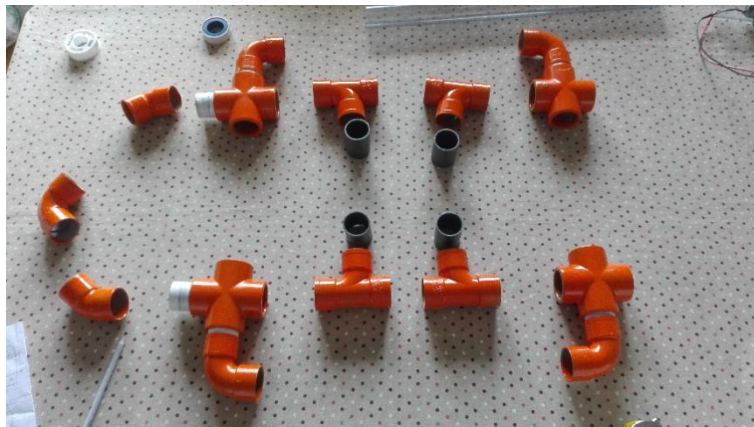


Figura 165. Connexions pintades i llestes per assemblejar (Font - pròpia)

Un cop asseca la pintura es procedeix a l'assemblatge dels tubs i connexions, tot i ser el mateix material de PVC el simple fet de ser transparent varia imperceptiblement fins al punt de dificultar l'encaixament dels tubs amb els colzes i Tes, en aquest punt s'evita aplicar el segellador ja que impediria la penetració, en casos extrems s'aplica un tractament de dilatació i contracció dels materials, es refreda una part perquè es contregui i l'altre part se li aplica calor per augmentar el diàmetre, d'aquesta manera s'aconsegueix introduir tots els tub a la profunditat apropiada. Alhora d'unir les peces també cal considerar l'orde en que s'enganxen, tenint en compte que no es deformin ni s'alteri la posició final.



Figura 166. escalfament del colze i assemblatge estructura (Font - pròpia)

9.5 Construcció del compartiment

Per facilitar i ser més còmode el transport del compartiment amb tots els components s'adapta a l'interior d'un maletí, per tant les dimensions de la caixa venen definides per la mida d'aquest i tenint en compte el volum que ocupen els components electrònics, 40 x 25 x 3 cm a més se li practica un forat per on passarà l'antena de la sonda per la transmissió de dades, a la part frontal on es situa el suport per la càmera se li fa una mitja lluna per poder passar els cables de la càmera, servo i sonda a dins del compartiment i poder connectar en la posició adequada. Per dotar el compartiment d'estanqueïtat se li adapta una tapa no fixada per permetre obrir i col·locar tots els elements, aquesta tapa disposarà d'obertures adaptades per on passar els cables de la sonda i del sistema de visió a l'interior. El procediment per confeccionar la caixa ha estat igual que l'anterior.

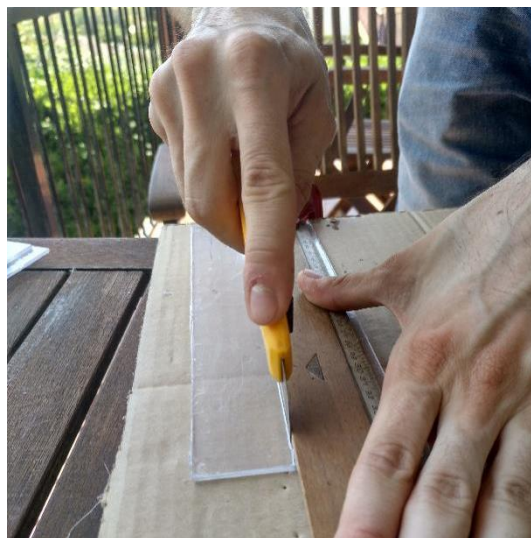


Figura 167. Retall per confeccionar el compartiment (Font – pròpia)

9.6 Suport de la càmera

Per poder guardar dins el maletí i contenir tota l'electrònica suposa que la mida serà just les dimensions del maletí i tot suport extern fixe que descartat. La solució passa per dissenyar un suport que permeti ser extret i guardat a l'interior, per fer-ho es col·loquen dos bisos fixes a la paret frontal de la caixa on sobresurti el cap per l'exterior, a continuació una plaqueta se li practiquen dos forats que s'allarguen un cm cap a dalt sent l'extrem inferior més gran per permetre l'entrada del cap del bis i la part superior més estreta, coincidint amb el diàmetre de la rosca, en aquesta plaqueta se li annexiona el servo on reposarà la càmera.

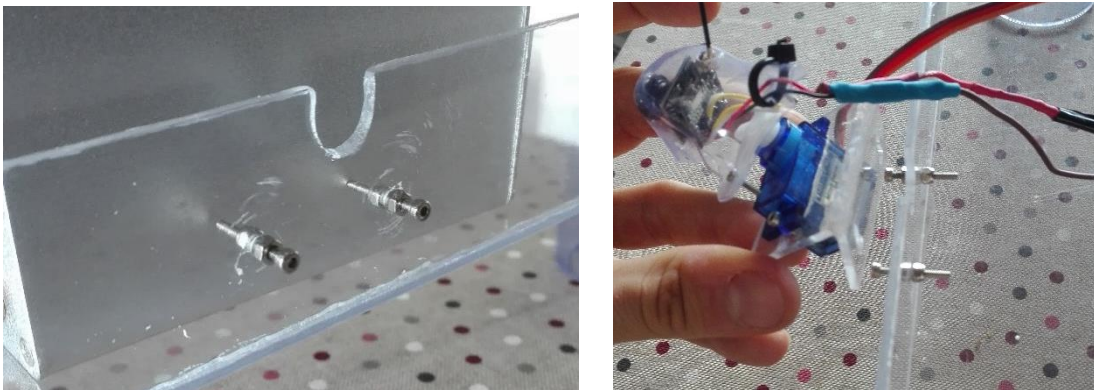


Figura 168. Bisos fixes part frontal caixa pel suport càmera (Font - pròpia)



Figura 169. Forats Suport càmera (Font - pròpia)

9.7 Suport de la sonda

S'aprofita el tub transversal de proa per situar la sonda, per fer-ho s'escull una placa del poliestirè, se li practica una perforació que servirà per passar el cable de la sonda a la caixa i subjectar-la, se li practiquen dos forats més per on es fixar les brides que aguantaran la placa de fono horitzontal paral·lela a la superfície de l'aigua tenint en compte que els sensors de la sonda romandran en tot moment sota l'aigua i evitar lectures falses. (Veure foto)

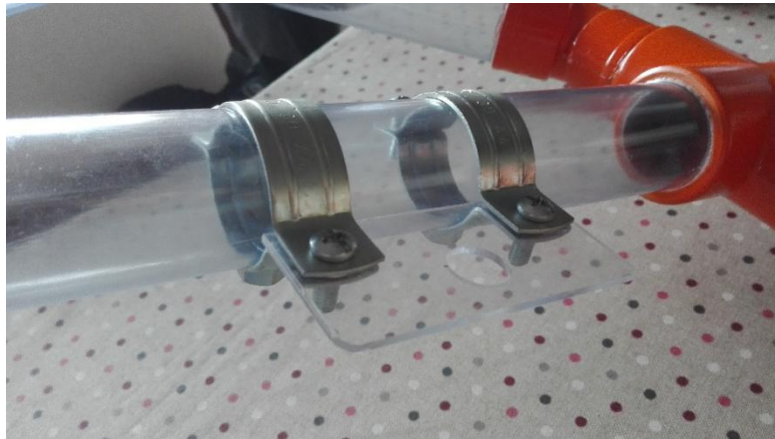


Figura 170. Suport sonda (Font - pròpia)

9.8 Canvi de ressort del comandament RC

Al disposar de dos motors independents, es poden controlar amb els dos *joysticks* del comandament de radio control. Aquests comandaments estan adaptats de forma genèrica per qualsevol dispositiu RC, això comporta que la configuració de cada *joystick* porti instaurat una petita molla que fa que la palanca torni a la posició inicial en les direccions endavant i endarrere en un i esquerra i dreta en l'altre, degut a la potencia que presenten és necessari la precisió alhora de manipular i regular la potencia entregada, en el cas de que la palanca no disposi de molla es fa molt difícil precisar el punt "0" dificultant la sincronització entre la potencia dels dos motor, per tant es imprescindible que el ressort estigui configurat en les trajectòries d'endavant i endarrere.

Per fer el canvi de molla, s'ha d'obrir el comandament i desconnectar dos connectors, el de tensió(B) i el que comunica el transmissor amb l'ordinador (A) [Figura 171], posant especial atenció en la posició en que es troben, a partir d'aquí es pot separar completament la carcassa posterior.

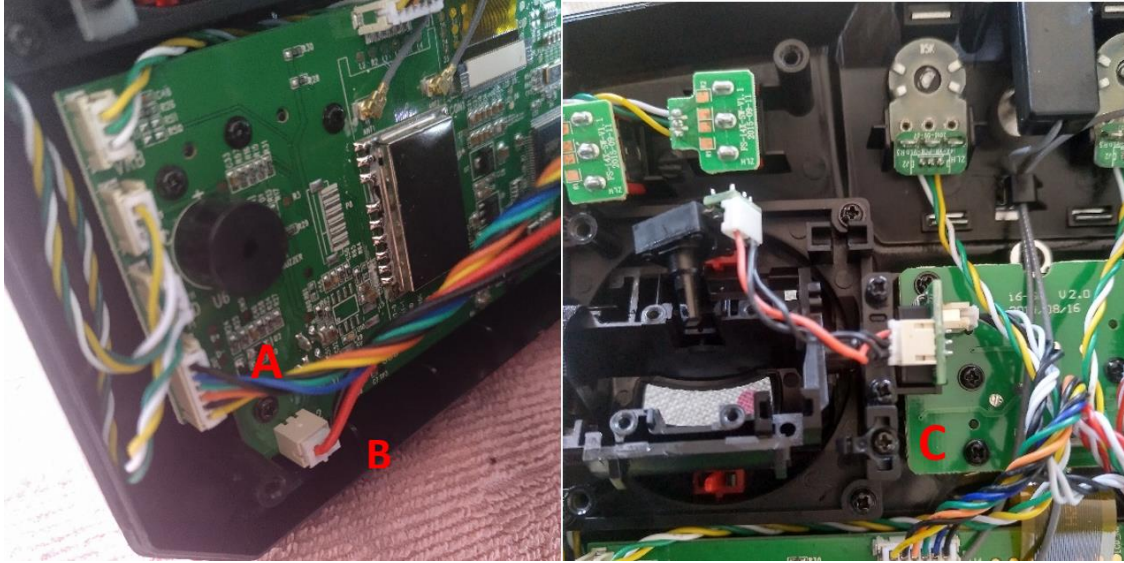


Figura 171. circuit electrònic interior comandament RC (Font - pròpia)

Desmuntar el *joystick* descargolar el bis (C) [Figura 172] i extreure la peça situada a sota, on es troba la molla. Perquè la molla faci la seva funció de tornar a la posició inicial la palanca (D), ha de pivotar entre dos pius (E) que limitaran el moviment desitjat, per tant també s'ha de canviar de posició d'aquests, un cop s'han retirat les peces s'han d'encaixar en la posició adequada transversalment.

Hi ha una peça metàl·lica plana, prima i flexible (F) [Figura 173] que impedeix el *joystick* que no té molla es mogui verticalment per gravetat, aquesta peça també és necessària s'ha apartat de la seva posició. S'ha mantingut dins el comandament per si en un futur sorgeix la possibilitat d'utilitzar.

Tot el procediment s'ha d'actuar amb cautela i atenció per evitar perdre el ressort i tornar a col·locar en el lloc corresponent les peces desplaçades.

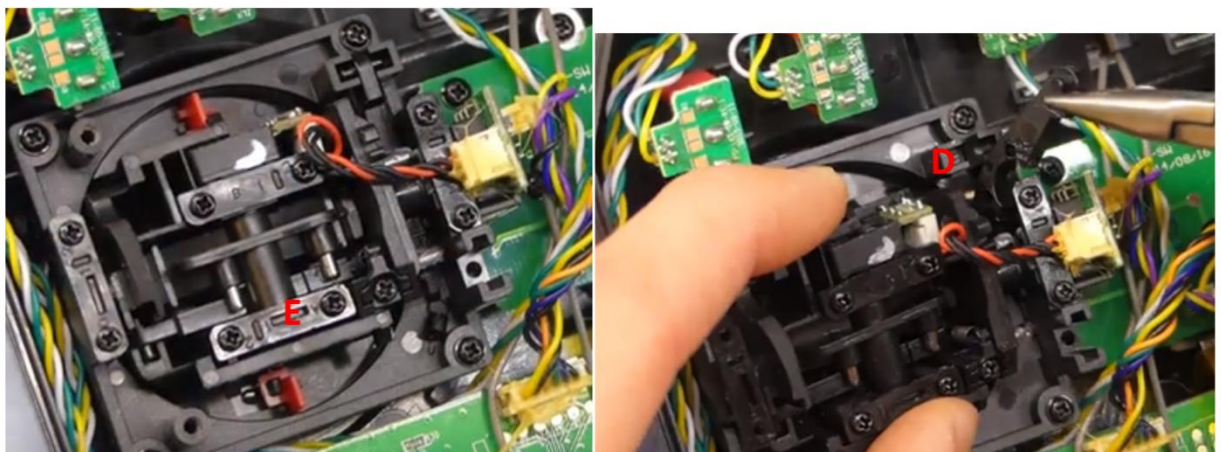


Figura 172. Vista interior del comandament del joystick (Font - pròpia)

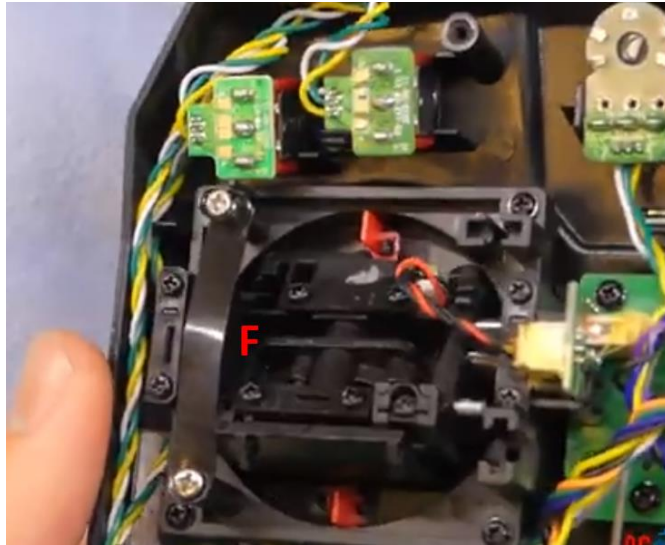


Figura 173. Vista posterior comandament RC (Font - pròpia)

9.9 Proves experimentals del tercer prototip

9.9.1 Primera prova d'aigua: Flotació

Un cop assemblada tota la base amb la modificació corresponent es disposa a comprovar l'efectivitat de l'augment de la superfície de flotació i comprovar l'estanqueïtat de totes les unions. Es posa el prototip a l'aigua i s'observa que satisfactòriament que el nivell de flotació és l'adequat. També s'observa que la capsula dels hidrojets s'omple d'aigua respectant sempre els límits superiors protegint d'algues.

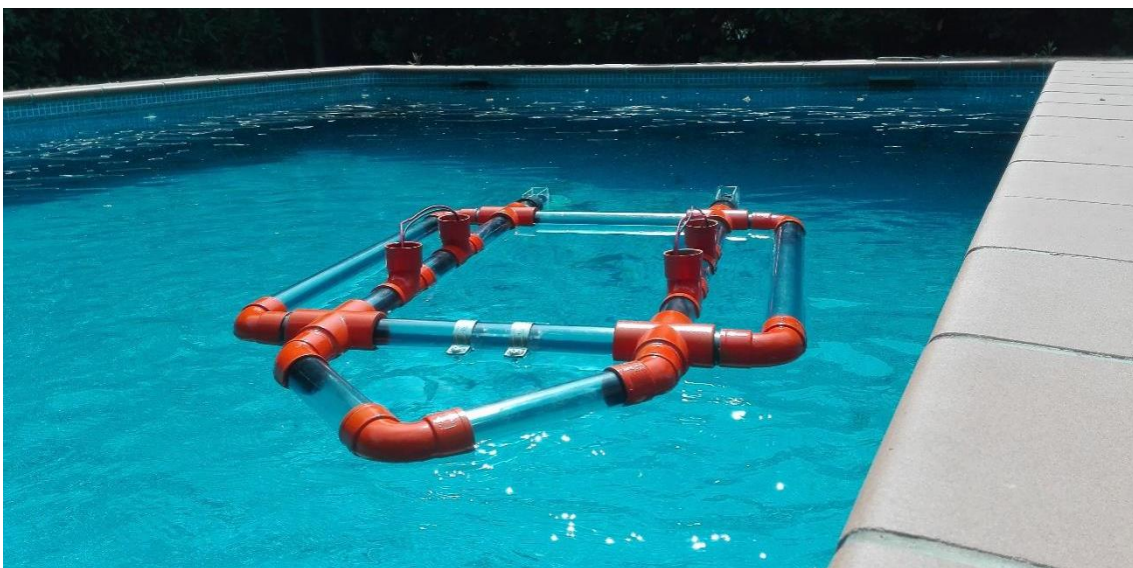


Figura 174. Primera prova del tercer prototip (Font - pròpia)

9.9.2 Segona prova d'aigua: Propulsió

Es col·loca el compartiment a la part superior de l'estructura i es connecten els cables dels motors a l'ESC i bateries i s'acciona la palanca del comandament paulatinament per constatar la velocitat, es comprova també la capacitat de gir a babord i estribord activant només el motor corresponent, la corba evolutiva es inferior a 3 m



Figura 175. Entrada d'aigua en la capsula dels hidrojets (Font - pròpia)

S'observen petites gotes a l'interior dels tubs transparents, per evitar riscos que l'aigua entri en contacte amb els motors elèctrics i els cables s'aplica el segellador "Ceys" a totes les comissures de les unions entre tubs i connexions susceptibles d'entrada d'aigua per evitar aquest fenomen.

9.9.3 Tercera prova d'aigua: Funcionament sonda

La lectura de la sonda senyala la temperatura de l'aigua i la profunditat de forma correcta, al ser una sonda dedicada a la pesca de 200 kHz detecta la presència de peixos quan no hi ha, se suposa degut a la sensibilitat a la que està calibrada capta elements no visibles a l'ull humà.

9.9.4 Quarta prova d'aigua: operativitat completa

Un cop s'ha efectuat totes les proves d'aigua de flotació i que els propulsor i els diferents components electrònics funcionen per separat es procedeix connectar tots els elements per comprovar que el dispositiu opera correctament i funciona.

El primer inconvenient és la pèrdua de la senyal d'imatge de la càmera quan es connecten els dos ESC, com s'ha explicat anteriorment, mentre que la seva funció per una banda és entregar la tensió de 12 V als motors i ser controlada per regular la potència i per l'altre reduir el voltatge a una tensió de funcionament de 5 V pel receptor, els tests pertinents mesurant el voltatge

conclouen un mal funcionament d'un dels reguladors entregant al receptor 12 V que és alhora la font d'alimentació de la càmera, aquesta sobretensió fa que la càmera augmenti la temperatura i perdi la senyal. La solució més fàcil és substituir el regulador defectuós per un de nou. Una altra solució és aprofitar la regulació de l' ESC dels motors i empalmar un regulador que connecti al receptor per disminuir la tensió, això comporta desconnectar els cables de tensió i deixar el cable de senyal (Blanc)

La sonda funciona amb un voltatge de 12 volts, que és el que pot oferir la bateria, per tant s'ha de modificar el cable de sortida de la bateria perquè es bifurqui en dos camins, un que alimenti la sonda i l'altre els motors.

Per últim per facilitar el transport dels elements de RC amb el monitor de la sonda i la seva bateria s'adquireix un segon maletí on l'agrupació dels components també facilita per la manipulació del prototip



Figura 176. Maletí amb comandament RC, monitor sonda i bateria (Font - pròpia)



Figura 177. Recepció d'imatge de la càmera al mòbil (Font - pròpia)

9.10 Disseny final

Arran de les proves realitzades i les consegüents modificacions s'ha plasmat el disseny obtingut mitjançant el programa *Autodesk Inventor*.

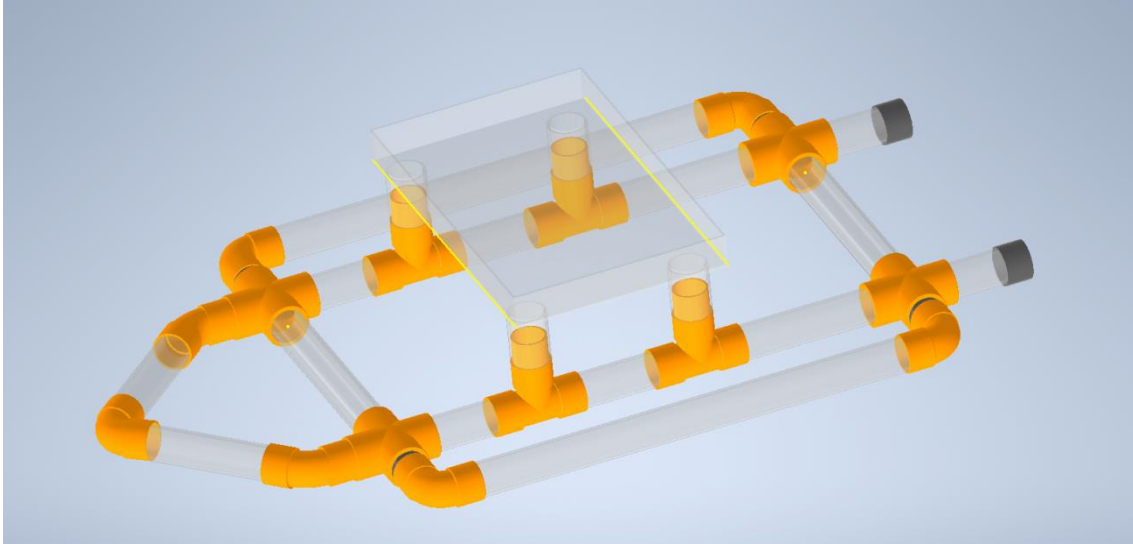


Figura 178. Representació en 3D (Font - pròpia)

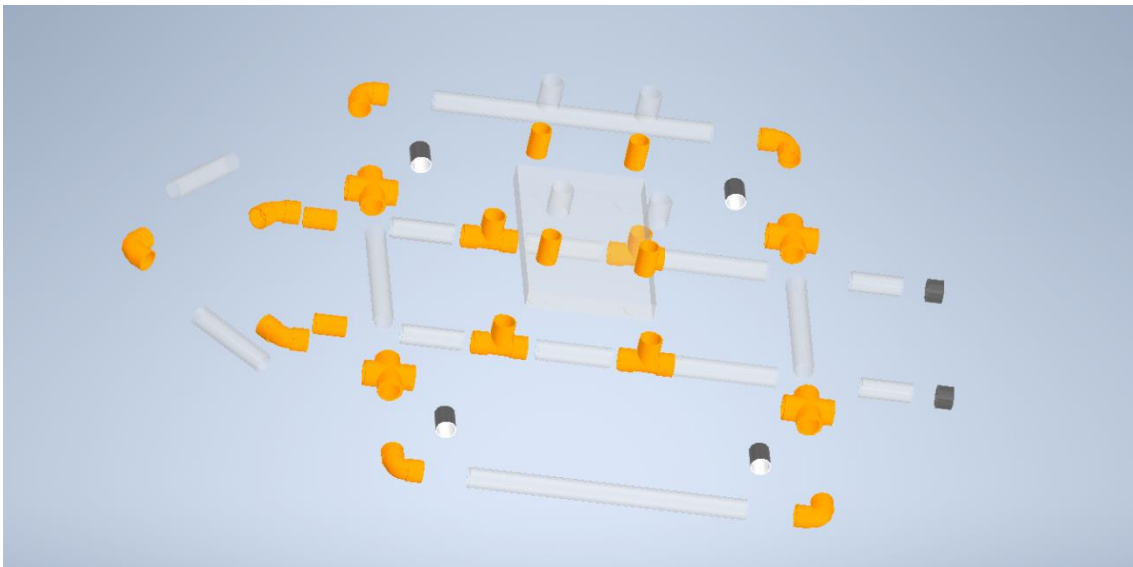


Figura 179. Representació explosionada (Font - pròpia)

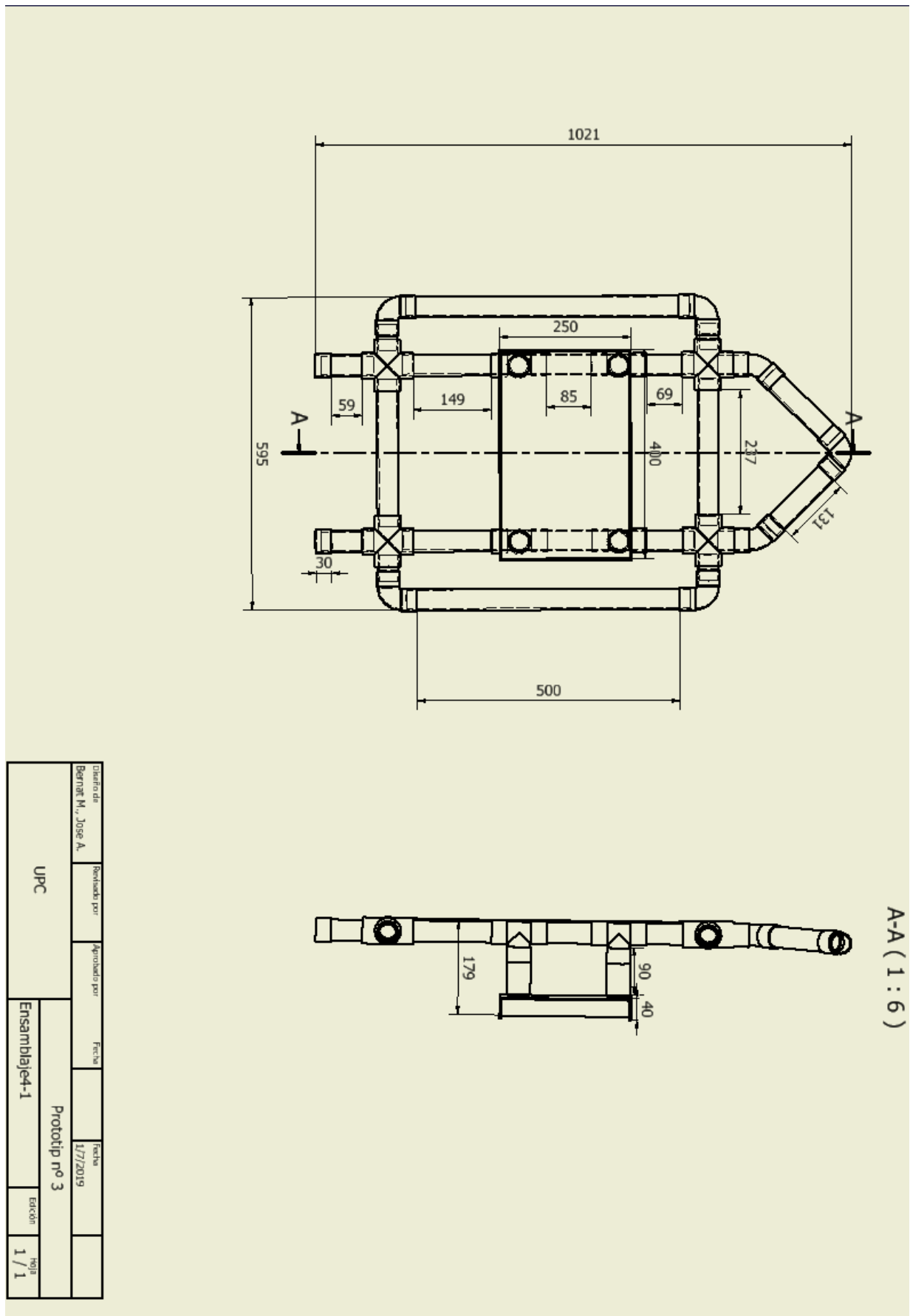


Figura 180. Dibuix Gràfic (Font - pròpia)

9.11 Valoració global del tercer prototip

Gràcies a l'experiència obtinguda amb el prototip anterior s'ha pogut accelerar el procediment simplificant el procés de construcció i disseny i ha permès evitar la repetició d'errors. També ha propiciat la reducció del número de proves d'aigua per comprovar la viabilitat de les modificacions executades.

L'elecció de dos motors elèctrics independents amb suficient potència permet una bona regulació de la velocitat fins a arribar a la desitjada, amb una bona maniobrabilitat que permet una bona corba d'evolució. La sonda i la càmera compleixen amb el propòsit satisfactòriament, sent possible augmentar la qualitat de recepció d'imatge d'ambdues incrementant la inversió.

El procediment per posar en operació el prototip és senzill, col·locar sobre la base el compartiment dels components, connectar els motors i activar tots els dos interruptors corresponents als reguladors per alimentar al receptor. Finalment col·locar a la superfície de l'aigua, un cop posat en "ON" es comprova que els motors, la sonda i la càmera funcionen.

Les proves han determinat el correcte treball realitzat i l'òptima aplicació dels coneixements adquirits durant el desenvolupament dels 3 prototips. També es perfecciona el transport de l'equip de treball i s'adquireix d'uns maletins per establir un punt de control d'una zona adequada des d'on operar i manipular el dispositiu.

Capítol 10. Pressupost

En primer lloc, a l'hora d'elaborar i comparar pressupostos cal diferenciar que s'ha dividit el pressupost en dues parts. Una part es basa en els materials comuns que s'han utilitzat en els tres models i els quals es fonamenten la funció específica del projecte de cerca submarina, això agrupa els components electrònics de radio control, la sonda, la bateria necessària pel funcionament del monitor de la sonda, la càmera i la pintura,

Per altra banda el cost que comporta cadascun dels models segons les característiques de cada construcció. Dins dels pressupostos de cada model s'ha diferenciat el cost de dels materials de construcció i la instrumentació que permetrà la navegació i el control, finalment el cost total de cada experiment s'ha sumat el pressupost comú a l'individual.

El projecte consta de l'elaboració de diferents versions cadascuna millorada respecte l'anterior fins a arribar a la versió definitiva sent el prototip 3 el model final, On el cost total sumant el pressupost comú junt amb els materials base i els components electrònics corresponent a aquest model és de 462,91 €.

El pressupost comú, que s'observa a la [Taula 8](#), representa pràcticament el 50 % del pressupost total, afectant als 3 dispositius arribant a augmentar fins al 70 % en el primer cas. La resta de materials utilitzats i la instrumentalització electrònica conformen el 28 % i el 22 % respectivament.

La principal diferencia més representativa és entre el model 1 i els altres dos. En el cas dels models 2 i 3 s'ha d'afegir el cost de duplicat de les bateries i dels motors que per altre banda evita l'ús del timó. Cal esmentar que la compra dels materials en botiga, ja sigui degut al desconeixement o per l'assessorament ha incrementat el cost fins a 5 vegades respecte el mercat *online*.

Pressupost Comú			
Producte	unitats	preu unitat	Cost €
Sonda	1	98	98
Maletí de transport	1	19,45	19,45
Bateria 7 Ah	1	16,46	16,46
Emissor / receptor	1	63	63
Camara de vídeo fps	1	24	24
Pintura taronja tràfic 400 mL	1	3,26	3,26
Imprimació 400 mL	1	7,36	7,36
Suport càmera (5u)	1	8,99	8,99
Total comú			240,52

Taula 8. Pressupost comú (Font - pròpia)

Prototip 1				
Producte	unitat	preu unitat	Cost €	
materials construcció				
mànega 1m	1	1	1	
brida	1	0,89	0,89	
resina colada de polièster 1 kg	1	28,25	28,25	
fibra de vidre mat 200 (5m2)	1	4,83	4,83	
goma eva A3	1	1	1	
Total materials			35,97	
instrumentació				
bomba 24V	1	15	15	
timó	1	5,54	5,54	
servomotor	1	1,5	1,5	
bateria Lipo 850 mAh	1	15,9	15,9	
Display Lipo 1-8s	1	9,9	9,9	
Regulador ESC	1	30	30	
Total instrumentació			77,84	
Pressupost comú			240,52	
Total Prototip 1			354,33	

Taula 9. Pressupost prototip 1 (Font - pròpia)

Prototip 2				
Producte	unitat	preu unitat	cost	
Materials construcció				
Poliestirè 100x50x2,5	1	8,95	8,95	
Connexió PVC 45º Ø 40mm	2	0,48	0.96	
Connexió PVC 90º Ø 40mm	1	0,68	0.68	
Connexió Te Ø 40mm	6	0.89	5.34	
tub PVC Ø 40mm x 2,5m	2	1,9	3,8	
Hidro-jet	2	16	32	
Adhesiu segellador CEYS	1	3,9	3,9	
Total materials			55,63	
Instrumentació				
Regulador ESC	2	7,46	14,92	
Motor elèctric 12 V	2	16,9	33,8	
Bateria LiPo 2200 mAh	2	15	30	
Display LiPo 1-8s	2	9,9	19,8	
Total instrumentació			98,52	
Pressupost comú			240,52	
Total Prototip 2			394.67	

Taula 10. Pressupost prototip 2 (Font - pròpia)

Prototip 3			
Producte	unitat	preu unitat	cost
Materials construcció			
Connexió +	4	5,55	22,2
Connexió Te	4	0,89	3,56
Connexió PVC 45º Ø 40mm	2	0,48	0,96
Connexió PVC 90º Ø 40mm	5	0,68	3,4
Tub PVC transparent 2m Ø40mm	2	22	44
Brida	2	2,45	4,9
Poliestirè 100x50 cm 2,5mm	1	8,95	8,95
Hidrojet	2	16	32
Adhesiu segellador CEYS	1	3,9	3,9
Total materials			123,87
Instrumentació			
bateria 2200 mAh	2	15	30
Motor elèctric CC 12V	2	16,9	33,8
Display LiPo 1-8s	2	9,9	19,8
Regulador ESC	2	7,46	14,92
Total instrumentació			98,52
Pressupost comú			240,52
Total Prototip 3			462,91

Taula 11. Pressupost prototip 3 (Font - pròpia)

Capítol 11. Conclusions i línies futures

A l'inici del projecte s'havien plantejat una sèrie d'objectius. El principal era dur a terme l'elaboració d'un prototip a partir d'una construcció senzilla capaç de flotar, ser dirigit a distància per mitjà de radio control i que mostrés el fons aquàtic sense excedir en el cost econòmic. Es pot afirmar que s'ha aconseguit de forma satisfactòria l'objectiu principal.

El procés de desenvolupament, amb la construcció de diferents models, ha servit per detectar els errors amb una posterior rectificació. Això ha consolidat tant la tècnica de fabricació com la de disseny i superar amb més facilitat els contratemps sorgits al llarg del procés.

També cal destacar que, gràcies a l'estudi previ dels diferents components que el conformen, es pot establir que dedicant una inversió econòmica més important es podrien desenvolupar projectes de més qualitat que permetrien millorar els resultats. Pel que fa a l'electrònica de radio control cal esmentar la diferència notable de preu en el mercat *online* respecte del mercat tradicional. Això ha repercutit en fiabilitat i funcionament dels dispositius.

Considerant els objectius secundaris, i amb l'estudi realitzat al protocol de cerca de la unitat de submarinistes de Guadalajara, es pot determinar que la funció del prototip podria ser útil per assistir en la cerca de cossos desapareguts. L'aplicació senzilla, l'estalvi econòmic i logístic implica una millora exponencial, tot i no ser substitutiu però sí complementari, a causa de la seva funció limitada únicament a la cerca, sent necessària la intervenció humana al final de la operació.

Un altre dels objectius plantejats era trobar diferents mètodes i utilitzar diferents materials fins a concloure en un model definitiu. De les tres maquetes, el procés de construcció en el cas del primer prototip va servir per focalitzar els principals problemes: la flotabilitat, estanqueïtat, propulsió, control i la forma de disseny més adient i senzilla afí als nostres objectius.



Figura 181. Evolució de la construcció del projecte (Font - pròpia)

En concret, s'han dissenyat i implementat tres models, el primer model és el més econòmic principalment pels materials base com el cartró i una bomba com a forma de propulsió, també és el més complicat de confeccionar, degut al nombre de materials implicats i l'habilitació d'un espai per ubicar la sonda i la càmera. La construcció de forma eficient, amb tot el que comporta la fibra de vidre, la massilla, el poliment, etc. genera un volum de treball desproporcionat amb la idea d'elaboració del projecte.

L'adequació d'aquestes circumstàncies propicia l'opció d'utilitzar un altre tipus de material. El segon model ha proporcionat una base estructural i una familiarització amb els materials acord amb el criteris d'elaboració per a un prototip. La implementació del PVC amb mides estandarditzades i colzes de diferents angles, possibilita la millora de la propulsió, punt dèbil de l'anterior model i optimitza l'estabilitat i l'estanquitat.

L'obtenció d'aquestes millores s'aproximen a uns resultats finals que inicialment es van raonar. Encara que l'èxit del segon prototip és satisfactori, es requereixen millores estructurals per a la flotabilitat i es procedeix a fabricació d'un model final.

El material PVC emprat al tercer i últim prototip és el mateix amb la variant de ser transparent per al control de fuites i atorgar un nivell didàctic al projecte. L'aplicació d'aquest material inclou un inconvenient de mides, que canviaven lleugerament fent més difícil l'acoblament entre tub i peça. Un cop constituïda la base s'observa una estabilitat positiva envers el segon prototip.

Un dels aspectes més rellevants de comparació entre prototips és la potència, on una bomba d'aigua per propulsar no garantia un desplaçament adequat, a més, el timó no proporcionava suficient força per orientar el gir, fent una evolució significativa amb la regulació potencial de dos hidrojets propulsats per 2 motors elèctrics. Aquesta evolució permet un desplaçament compatible als requisits de navegació i una regulació de la corba evolutiva amb menor radi.

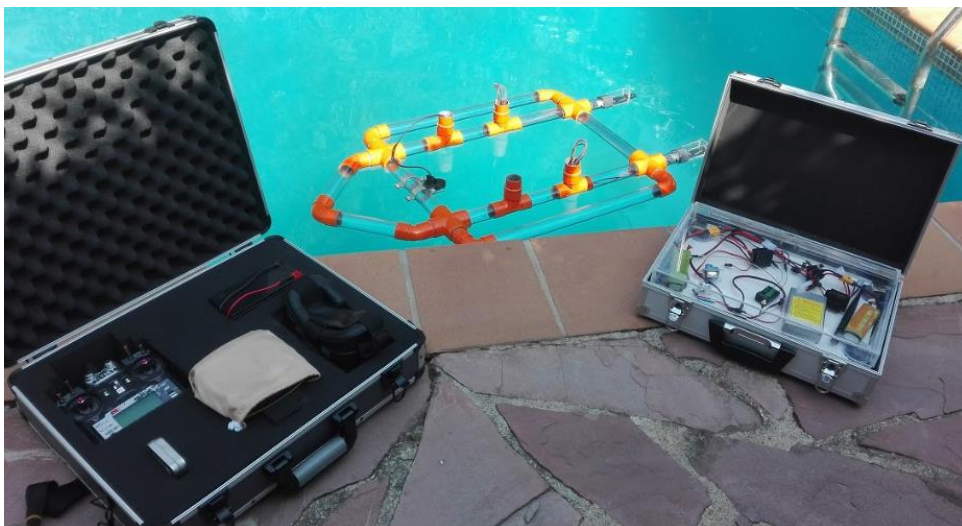


Figura 182. Prototip final amb maletins de transport de components (Font - pròpia)

Pel que fa a les línies futures, una sonda més potent serviria per millorar la imatge i definir millor els objectes reposats en el sòl arribant a ser possible una imatge tridimensional que ajudaria en la cerca d'objectes i cossos submergits.

Invertir en una càmera més bona significaria la recepció d'una imatge més nítida capaç de superar distàncies més grans que l'actual, a més la possibilitat d'instal·lar un GPS i una controladora de navegació permetria senyalitzar la posició exacta en cas de descobrir qualsevol irregularitat en el fons per a una posterior intervenció.

Més avantatges d'usar una controladora de navegació són que, en cas de perdre la senyal o que quedi poca bateria, mitjançant una programació s'obtindria un rumb automàtic de retorn al punt de partida.

Un factor important que pot determinar la viabilitat del prototip és l'autonomia, per tant tenint en compte el pes, unes bateries amb més capacitat augmentarien substancialment l'autonomia.

El projecte sorgeix destinat a una funció específica però les característiques que reuneix poden ser aprofitades per dedicar-lo a altres funcions, com ara la pesca, ja que amb l'ajuda de la sonda pot detectar bancs de peixos i només seria necessari afegir un esquer. Per altra banda també es podria complementar amb més sensors per dur a terme estudis d'aigua amb més precisió.



Figura 183. Muntatge dels components sobre l'estructura i maletí de control (Font - pròpia)

Bibliografia i referències

Donat el gran nombre d'enllaços web consultats, les referències s'han agrupat per temàtiques

Informes, manuals i premsa

- [1] Stocker t.f. (ed), *Cambio climatico 2013: Bases físicas*. Informe del IPCC, 2013. (Disponible a http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_brochure_es.pdf)
- [2] Jesus Fraile Mora; *Máquinas eléctricas*, 5ª ed. Espanya, McGraw Hill, 2003
- [3] Fernando Polo Cascajero; *Manual de rescate y salvamento, parte 4: Rescate subacuático* Griker Orgemer, 2015
- [4] Fernando Garcia Chiloeches; *Manual de rescate y salvamento, parte 3: Rescates en ríos, riadas e inundaciones*. Griker Orgemer, 2015
- [5] Jose Guillermo Tena Sanchez; *Sistemas de carga y arranque*, 3ª ed.Espanya, Paraninfo 2017
- [6] Agència Catalana de l'aigua. *Avaluació preliminar dels risc d'inundació al districte de conca fluvial de Catalunya: Annex 4 Anàlisi de les inundacions històriques* 2011. Disponible a http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais_fluvials/estudis/CICP0037/09038_04_Historic_v3.pdf
- [7] Joan Escuer. El risc d'inundacions a Catalunya, informe del RISKCAT, 2008 http://cads.gencat.cat/web/.content/Documents/Publicacions/el_risc_dinundacions_a_catalunya.pdf
- [8] Plan Estatal de Protección Civil Ante Riesgo de Inundaciones 2011 Direccion General de Proteccion civil y emergències <http://www.proteccioncivil.es/documents/20486/156618/PLAN+ESTATAL+INUNDACIONES.pdf/eafb61f3-379b-4f5e-8c75-c691e359697a>
- [9] La Vanguardia, Desaparecidos en Susqueda, 05 de Setembre de 2019 <https://www.lavanguardia.com/sucesos/20170905/431064391719/interrogantes-desaparicion-pareja-maresme-pantano-susqueda.html>

Referències i enllaços sobre bateries

- [10] Imanol Carnero Rodríguez, *Diseño e implementación de un sistema de test y despasivación de baterías de Litio basado en LabVIEW*, Projecte final de Carrera , Universidad del País Vasco, 2012. Disponible a <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/10666/PFC%20I.%20Carnero%20-%20Memoria.pdf?sequence=1> (Data de consulta: 21/02/2019)
- [11] Bateries de LIPO: https://www.dynamoelectronics.com/blog/7_cuidados-baterias-lipo.html (Data de consulta: 20/02/2019)
- [12] Tipus de bateries: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9360/Anexos_Sebasti%C3%A1n_Bardo.pdf (Data de consulta, 20/02/2019)
- [13] Concepte bateria: <https://concepto.de/bateria/> (Data de consulta: 20/02/2019)
- [14] Explicació de piles. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/101a200/ntp_104.pdf (Data de consulta: 20/02/2019)
- [15] Explicació de piles. <https://actitudecologica.com/tipos-de-pilas/> (Data de consulta: 20/02/2019)
- [16] Explicació de piles. <https://conceptodefinicion.de/pila/> (Data de consulta: 20/02/2019)
- [17] Explicació piles recargables: <https://tecnologia-informatica.com/pilas-recargables-pilas-y-baterias-de-litio/> (Data de consulta: 20/02/2019)
- [18] Explicació piles niCd. <https://www.icmm.csic.es/jaalonso/velec/baterias/bateria.htm> (Data de consulta: 20/02/2019)
- [19] Efecte memòria en les piles. <https://www.xatakamovil.com/varios/baterias-tipos-mitos-y-verdades-ii> (Data de consulta: 20/02/2019)
- [20] Explicació piles liti. <https://www.recargacocheselectricos.com/todo-sobre-las-baterias-de-litio/> (Data de consulta: 20/02/2019)
- [21] Desventatges piles. https://www.rebas.com/blog-baterias/23_Efecto-de-la-temperatura-en-las-bater%C3%ADas.html (Data de consulta: 20/02/2019)
- [22] Bateries de liti. <http://bateriasdelitio.net/?p=6> (Data de consulta: 20/02/2019)
- [23] Bateries de liti. <http://blogturbohobby.blogspot.com/2013/05/bateriaslipo.html> (Data de consulta: 20/02/2019)
- [24] Bateries. <http://www.sabelotodo.org/electrotecnia/acumuladorplomo.html> (Data de consulta: 22/02/2019)

[25] Bateries. <https://www.areatecnologia.com/baterias-y-acumuladores.htm> (Data de consulta: 22/02/2019)

[26] Bateries. <http://www.soyrenovable.com/las-pilas-%C2%BFhasta-que-punto-contaminan/esquema-de-una-pila/> (Data de consulta: 20/02/2019)

[27] Bateries. <https://www.areatecnologia.com/baterias-y-acumuladores.htm> (Data de consulta: 24/02/2019)

[28] Tipus de piles. <https://actitudecologica.com/tipos-de-pilas/> (Data de consulta: 24/02/2019)

[29] tipus de piles. https://www.rctecnic.com/blog/12_Tipos-de-bater%C3%ADas-para-RadioControl.html (Data d consulta: 27/02/2019)

[30] Manteniment Bateria. <https://forococheselectricos.com/2013/05/vida-y-muerte-de-una-bateria-de-ion.html> (Data d consulta: 27/02/2019)

[31] Efecte memòria. <https://www.emezeta.com/articulos/pilas-recargables-efecto-memoria> (Data d consulta: 27/02/2019)

Referències i enllaços sobre material de construcció

[32] Cartró: <https://cartonlab.com/blog/tipos-de-carton-aplicaciones/> (Data de consulta: 17/05/2019)

[33] Tub espiroflex <https://www.matmax.es/tuberia-y-accesorios/productos/espiroflex/26020610050-tubo-flexible-espirocristal-gasolina-diametro-6x10-50m-0683005856> (Data de consulta: 17/05/2019)

[34] Cola termofusible. <https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-427807994-barras-de-silicona-gruesa-delgada-1kg- JM?quantity=1> (Data de consulta: 16/05/2019)

[35] https://adequa.es/category_page/sistema-de-evacuacion-tubos-y-accesorios-pvc/ (Data de consulta: 17/05/2019)

[36] Bricomart <https://www.bricomart.es/> (Dates de consulta: 17/05/2019 - 14/06/2019)

[37] Amazon. <https://www.amazon.es/> (Data de consulta: 17/05/2019)

Referències i enllaços sobre motors

[38] Funcionament motor elèctric. https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Faraday (Data de consulta: 17/03/2019)

[39] Comparació motors de 2 i 4 temps. https://es.slideshare.net/areatecnologia/partes-de-una-estructura-edificio-presentation?next_slideshow=1 (Data de consulta: 17/03/2019)

- [40] Motores brushed vs brushless, <http://www.cochesrc.com/coche-radiocontrol-electrico-motor-brushless-o-brushed-a3591.html> (Data de consulta: 17/03/2019)
- [41] Motores brushed <http://www.cochesrc.com/motores-brushed-funcionamiento-y-caracteristicas-a3606.html> (Data de consulta: 17/03/2019)
- [42] Motors brushless <http://www.cochesrc.com/motor-electrico-brushless-funcionamiento-y-caracteristicas-a3607.html> (Data de consulta: 17/03/2019)
- [43] Motor Brushless <http://www.quadruino.com/guia-2/materiales-necesarios-1/motores-brushless> (Data de consulta. 21/04/2019)
- [44] Waterjet, <https://ingenieromarinero.com/sistema-de-propulsion-waterjet/> (Data de consulta 21/04/2019)
- [45] Victor Iñesta i Solà ESTUDIO DEL SISTEMA PROPULSIVO WATERJET, Projecte Final de Carrera, UPC, Departament de Nàutica, 2014
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/21940/PFC%20victor%20i%20C3%B1esta.pdf>
- [46] <https://top-10-drones.com/blog/build-first-drone-scratch-complete-guide-noobs/> (Data de consulta 21/04/2019)
- [47] <https://www.youtube.com/watch?v=RsqHr2cpp4M> (Data de consulta 21/04/2019)
- [48] Waterjet, <https://es.wikipedia.org/wiki/Hidrojet> (Data de consulta 21/04/2019)
- [49] Motors, <https://turbohobby.com/motor-alpha-engine-30-c-tirador-altas-prestacione.html> (Data de consulta 21/04/2019)
- [50] Comparativa motors elèctrics vs gasolina <https://rcgasolina.com/comparacion-rc-motor-electrico-o-nitro/> (Data de consulta, 12/05/2019)

Referències i enllaços sobre sondes i components electrònics i de control

- [51] Dades terminals cilíndriques <https://es.rs-online.com/web/p/terminales-redondos-de-crimpado/2676441/> (Data de consulta 08/05/2019)
- [52] Conector T-DEAN <http://www.cochesrc.com/tutorial-soldar-conectores-t-dean-a4258.html> (Data de consulta 08/05/2019)
- [53] Regulador ESC <http://www.automodelismo.com/escpo.htm> (Data de consulta 08/05/2019)
- [54] Propagación multicamino emisor-receptor fpv.
https://es.wikipedia.org/wiki/Propagaci%C3%B3n_multicamino (Data de consulta 08/05/2019)
- [55] Transmissor i receptor, <https://www.prometec.net/elegir-transmisor-receptor-radio/> (Data de consulta 25/06/2019)

- [56] Pulso PWM protocolo de TX i RX. <http://fpvmax.com/2017/07/28/protocolos-comunicacion-drones/> (Data de consulta, 25/06/2019)
- [57] Funcionament Sonda <http://www.eltrinauta.com/como-funciona-una-sonda-de-pesca/> (Data d consulta: 27/04/2019)
- [58] Servomotors. https://naylorlampmechatronics.com/blog/33_Tutorial-uso-de-servomotores-con-arduino-.html (Data de consulta, 29/04/2019)
- [59] <https://www.wikiversus.com/electronica-y-gadgets/drones/todo-lo-que-debes-saber-antes-de-comprarte-un-dron-fpv-que-es-en-que-consiste/> (Data de consulta: 27/04/2019)
- [60] Antena multi-direccional https://es.wikipedia.org/wiki/Propagaci%C3%B3n_multicamino (Data de consulta: 26/05/2019)
- [61] Comunicació *drons*. <http://fpvmax.com/2017/07/28/protocolos-comunicacion-drones/> (Data de consulta: 20/05/2019)
- [62] Baitboats. <https://carpdiem.es/como-funciona-barco-cebador-radio-control-baitboats/> (Data de consulta, 14/03/2019)
- [63] Dron marí. <https://www.heliceo.com/es/produits-pour-geometres/gigabathy200-dron-marino-de-superficie/> (Data de consulta, 14/03/2019)
- [64] Regulador ESC. <http://www.automodelismo.com/escpo.htm> (Data de consulta: 3/05/2019)
- [65] Ones de freqüència fpv <https://www.midronedecarreras.com/tutoriales/emisoras-y-transmisor-rc/> (Data de consulta 21/04/2019)